E. A. PORA L. OROS

LIMNOLOGIE ȘI OCEANOLOGIE

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI - 1974

BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Acad. EUGEN A. PORA Conf. dr. IOAN OROS

LIMNOLOGIE ȘI OCEANOLOGIE

HIDROBIOLOGIE

UNIVERSITATEA

CUPRINS

Introducere 7
Istoricul dezvoltării hidrobiologiei 13

Partea întîi. APA — MEDIU DE VIAȚĂ

Capitolul I. Apa din punct de vedere fizico-chimic 23
Molecula de apă 23
Proprietăți ce rezultă din structura polară a moleculei de apă 25

Capitolul II. Apa în natură — sistem dispers 26

Circuitul apei în natură 28
Compoziția chimică a apelor din natură 29
Anionii apelor naturale 29
Cationii din ape 30
Bioelementele și circuitul lor în natură 32
Gazele solvate în apele din natură 35
Elementele radioactive din apele naturale 36
Proprietăți ce rezultă din solvarea diferitelor substanțe în apele din natură 36

Capitolul III. Organismele acvatice 38

Raportul dintre organism și mediul acvatic 38
Raportul organismelor acvatice între ele 40
Originea organismelor acvatice 43

Partea a doua. LIMNOLOGIA

Capitolul IV. Apele subterane 45

Citeva noțiuni de biospeologie 51
Freaticul aluvionar 56

Capitolul V. Izvoarele 57

Capitolul VI. Apele curgătoare 61

Caracteristici generale 61
Mișcarea apei și influența ei asupra vieții 64
Transparența și pătrunderea luminii 65
Temperatura 67
Reacția ionică (*p*H-ul) 67

BCU IASSY CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Consecinţele biologice ale variaţiilor factorilor de mediu din lungul unei ape curgătoare 68
Pîrîul 73
Riul 75
Fluviul 77
Biologia Dunării 82
Şenalul 83
Lunca inundabilă 93
Delta 96
Alte cîteva mari fluvii 100

Capitolul VII. **Apele stătătoare** 103

Lacul 106
Factorii mediului lacustru 108
Asociaţiile de organisme din lacuri 125
Clasificarea biologică a lacurilor 127
Desfăşurarea vieţii în lacuri 129
Cîteva exemple de lacuri şi viaţa din ele 138
Balta 155
Mlaştina 156
Lacul de baraj 158

Capitolul VIII. **Apa potabilă** 164

Capitolul IX. **Poluarea apelor continentale** 167

Poluarea naturală 169
Poluarea artificială 169
Consecinţele biologice ale poluării 172

Capitolul X. **Noţiuni de piscicultură** 180

Salmonicultura 180
Ciprinicultura 183
Creşterea sturionilor 186

Partea a treia. OCEANOLOGIA

Capitolul XI. **Cadrul geologic şi geografic** 189

Geografia oceanelor şi mărilor 189
Structura generală a bazinelor marine şi oceanice 192
Substratul geologic şi sedimentele de fund 198
Structura biologică generală a bazinelor marine şi oceanice 203

Capitolul XII. **Mediul marin** 205

Caracteristicile fizice ale mediului oceanic 206
Proprietăţile mecanice 206
Termica apelor marine 210
Variaţia temperaturii la suprafaţa mărilor şi oceanelor 211
Variaţia pe verticală a temperaturii apelor oceanice 212
Influenţa pragurilor asupra temperaturii apelor marine 214

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Gheaţa mărilor şi oceanelor 216
Acţiunea temperaturii asupra organismelor marine 217
Proprietăţile optice ale apei de mare 222
Pătrunderea luminii albe 223
Penetrabilitatea diferitelor radiaţii ale spectrului 225
Alte proprietăţi fizice ale apei de mare 229
Dinamica apelor marine 230
Valurile 230
Mareele 233
Curenţii 237
Factorii chimici ai apelor marine 243
Salinitatea totală a apei marine 243
Compoziţia ionică a apei marine 248
Materia organică solvată în apele marine 258
Gazele dizolvate în apa mărilor 259

Capitolul XIII. **Asociaţiile de organisme marine** 263

Planctonul 263
Fitoplanctonul marin 264
Răspîndirea fitoplanctonului 266
Producţia primară a apelor marine 268
Factorii care influenţează producţia primară 270
Consecinţele ecologice ale acţiunii diverşilor factori asupra producţiei primare 275
Zooplanctonul marin 276
Adaptări la viaţa pelagică 278
Distribuţia geografică a zooplanctonului 279
Migrarea pe verticală a zooplanctonului 280
Nutriţia zooplanctonului 283
Interrelaţiile dintre fitoplancton şi zooplancton 284
Fenomene biologice speciale provocate de plancton 287
Nectonul 290
Repartiţia zonală a nectonului marin 290
Migraţiile nectonului marin 291
Bentosul marin 295
Bentosul neritic 296
Vegetalele bentosului neritic 297
Zoobentosul neritic 300
Recifii şi formaţiunile de corali 302
Biologia animalelor bentosului neritic 306
Bentosul profund 309
Bacteriile marine 314
Tehnica de cercetare în bacteriologia marină 315
Grupele morfologice de bacterii şi răspîndirea lor 316
Activitatea bacteriană în mări 318

Capitolul XIV. **Mediul salmastru** 324

Clasificarea şi caracteristicile mediului salmastru 324
Marea Neagră 329

Capitolul XV. Ape suprasărate (hiperhaline) 345
Capitolul XVI. Poluarea mediului marin 348

Partea a patra. PRODUCTIVITATEA BIOLOGICĂ A BAZINELOR ACVATICE

Capitolul XVII. Raporturile de nutriție dintre hidrobionți 352
Bazele fiziologice ale trofologiei 352
Materia organică și transformările ei în bazinele acvatice 354
Nutriția autotrofelor 356
Nutriția heterotrofelor 358
Compoziția hranei animalelor acvatice 361
Lanțurile trofice din bazinele acvatice 363

Capitolul XVIII. Producția și productivitatea bazinelor acvatice 365
Producția primară a bazinelor acvatice 367
Producția secundară a bazinelor acvatice 371
Productivitatea bazinelor acvatice și factorii care o condiționează 372
Productivitatea diferitelor bazine acvatice 376
Resursele mărilor și oceanelor 380
PLANȘE . . . . . 391—421
Bibliografie 422

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

INTRODUCERE

Hidrobiologia se ocupă cu studiul vieții din ape (de la grecescul *hidros*=apă; *bios*=viață; *logos*=vorbire, studiu). Viața în ape este reprezentată de plante și animale, numite *hidrobionți*. Între diferiții hidrobionți există relații foarte strînse, ei alcătuind asociații numite *biocenoze*, de componență și complexitate foarte variabilă, care depind de factorii fizici, chimici și biologici din *bazinul de apă* respectiv. Întreg bazinul se găsește sub influența permanentă a condițiilor geologice, geografice, climatice, sezoniere etc. de la suprafața Pămîntului și sub acțiunea unor factori extratereștri (lumina solară, atracția lunară, razele cosmice etc.). În acest fel viața din ape se găsește în relații strînse cu fenomenele terestre cît și cu cele extraterestre.

Cu toate acestea, mediul acvatic constituie o entitate aparte, avînd un specific al său, o evoluție proprie, o problematică anumită și formînd obiectul de studiu a două discipline, azi bine individualizate: **limnologia** și **oceanologia.**

Pentru a înțelege însă fenomenele de viață din ape, hidrobiologul trebuie să aibă largi cunoștințe din mai multe domenii ale cunoașterii. Limnologia și oceanologia sînt discipline de sinteză (Em. Racoviță), care ajută la înțelegerea complexă și completă a tuturor fenomenelor dintr-un bazin acvatic (apă curgătoare, stătătoare, mare, ocean etc.) și a cauzalității și interdependenței fenomenelor din acesta, putîndu-se formula pe această bază anumite legi obiective de dezvoltare a vieții din acel bazin.

Izvorită din nevoi practice, hidrobiologia s-a dezvoltat și se dezvoltă în măsura în care omul are nevoie tot mai mult de produsele bazinelor acvatice și de apă.

Apa constituie un bun de mare preț al omenirii. De felul cum vom ști să o prețuim, să o păstrăm nealterată de impurități și după cum vom putea găsi noi surse de apă curată, depinde însăși creșterea numerică a omenirii și ridicarea necontenită a nivelului de trai al omului. Cantitatea de apă este unul din factorii limitativi ai vieții.

Populația orașului Perth, din Australia de Vest, era în 1962 de circa 300 000 de oameni, cifră care nu s-a schimbat de multe decenii, din cauză că apa pe care o poate avea la dispoziție orașul nu îngăduie nici dezvoltarea unor industrii noi și nici creșterea populației. Astfel de exemple se pot da și în alte părți ale lumii.

Din acest motiv, în zilele noastre omul caută noi resurse de apă, fie în adîncurile uscatului (straturi freatice de mare adîncime sau bazine de apă numite *„mări subterane"*), fie prin desalinizarea apei de mare. Tehnologia desalinizării apei de mare a fost pusă la punct în mai multe variante, dar prețul de cost al apei dulci astfel obținută este încă prea ridicat pentru posibilitățile de azi ale omenirii. Totuși, metoda este folosită mai ales în zonele cu resurse mici de ape dulci (Kuweit, Hawai, Cipru, Israel, Australia de Vest etc.).

Hidrobiologia utilizează pentru explicarea fenomenelor biologice cunoștințe de *geologie* și *hidrogeologie*, care permit înțelegerea naturii fundului bazinelor cercetate și a felului cum s-a făcut acumularea apei în decursul timpurilor; de asemenea, ele ne indică unde se pot găsi noi straturi de apă, precizînd și modul de obținere al acesteia.

Geografia furnizează date hidrobiologiei, pentru a înțelege răspîndirea bazinelor de apă în raport de latitudine, de relief, de climat etc.

Hidrologia pune la dispoziție date asupra mișcării mecanice a apei și a componentelor minerale (mai ales din bazinele curgătoare) care se găsesc solvate sau antrenate de ape. În ape trăiesc și multe organisme vii ai căror produși de catabolism și excreție se adaugă substanțelor solvate din roci, astfel că apa este o soluție complexă de ioni, de săruri, de molecule organice, de micele coloidale și de suspensii.

Fizica ajută la înțelegerea fenomenelor mecanice, optice electrice și termice din ape; *chimia* explică reacțiile chimice ce au loc. Aceste două discipline furnizează hidrobiologiei majoritatea metodelor de cercetare pe care aceasta le aplică în natură și în laborator, pentru cunoașterea și înțelegerea fenomenelor de viață din bazinele acvatice.

Astronomia permite să înțelegem acțiunea pe care o exercită atracția solară și selenară în fenomenul mareelor; *matematica* pune la dispoziție o metodologie cantitativă pentru aprecierea unor fenomene din apă, ca productivitate biologică, dinamica valurilor etc.

Botanica și zoologia identifică speciile de organisme, filogenia lor, contribuind astfel la cunoașterea structurii și evoluției asociațiilor de organisme din ape; *microbiologia* ajută la recunoașterea microorganismelor și explică natura proceselor bacteriene ce au loc în apă și în sedimentele de pe fund.

Fiziologia vegetală și animală permit înțelegerea manifestărilor și nevoilor funcționale ale organismelor vegetale și animale ce alcătuiesc biocenozele acvatice, felul cum se mențin ele într-un anumit echilibru și care sînt posibilitățile de mărire a productivității bazinelor acvatice.

Ecologia și biogeografia contribuie la lămurirea raporturilor dintre hidrobionți și mediu și ne explică răspîndirea organismelor acvatice în funcție de mediul geografic.

Etologia studiază și explică comportamentul animalelor acvatice în funcție de relațiile acestora cu mediul abiotic și biotic.

Hidrobiologia, folosind datele tuturor acestor discipline, este o știință complexă, care se bazează pe observație, pe experiment și pe analiza și sinteza datelor obținute.

Observația. Este etapa inițială a oricărei munci de cercetare. Ea poate viza într-un bazin acvatic fie un singur factor (de exemplu, mișcarea valurilor), fie un complex de factori (mișcarea, turbulența, temperatura, prezența organismelor). Se poate efectua pe un singur organism (știucă) sau pe un complex de organisme (diatomee, crustacei, pești). Observația se poate face în natură (într-un anumit sector al bazinului) sau în laborator (pe probele recoltate din natură). Observații se mai pot efectua și de pe navele de cercetare, care sînt dotate cu un utilaj ce completează posibilitățile omului de a observa (lunete, periscoape, geamanduri automate, vase de scufundare etc.). Adesea în oceanologie se folosesc avioanele sau elicopterele pentru urmărirea bancurilor de pești.

Observația are mai ales un rol orientativ. Ea îndreaptă atenția cercetătorului asupra unor anumite fenomene, fără explicarea cauzală a acestora. Observația constituie și în hidrobiologie o etapă necesară în cunoaștere.

Experimentarea. Reprezintă, însă, principala cale de cercetare în hidrobiologie. Experimentul reproduce o serie de fenomene și procese legate de mediu, în prealabil observate ca, de exemplu, circuitul materiei și energiei în bazinul acvatic, productivitatea biologică a bazinului, acțiunea vîntului asupra răspîndirii organismelor acvatice, acțiunea temperaturii asupra reproducerii etc. În experiment, de o mare importanță este montarea *modelului experimental*, care trebuie să conțină principalii factori (dar nu toți), care determină fenomenul studiat. Un model experimental adecvat permite o rezolvare corectă a unei probleme de hidrobiologie.

Stațiunile biologice de cercetare pentru ape dulci sau pentru ape marine, cît și navele de cercetare hidrobiologică sînt în general dotate cu aparatura necesară pentru efectuarea experimentului. Majoritatea acestora rămîn însă în sarcina stațiunilor fixe de la țărm. Aici se realizează astăzi cele mai numeroase experiențe și se obțin cele mai însemnate rezultate asupra biologiei apelor.

Analiza și sinteza rezultatelor obținute pe cale experimentală ne permit ca, folosind aparatul și metodologia matematică, să cuprindem într-o lege de o cauzalitate bine determinată, totalitatea factorilor care intervin în declanșarea unui fenomen biologic din ape. În acest caz avem la îndemînă elementele necesare pentru a putea reproduce acel fenomen și chiar de a-l dirija. Aceasta înseamnă, însă, verificarea în practică a rezultatului. Domeniile în care hidrobiologia își verifică rezultatele sînt: piscicultura, stuficultura, ostreicultura, aquacultura în general, apoi în irigații, sau pentru obținerea apei potabile, a apelor industriale etc.

*

Apele se pot găsi în interiorul continentelor sub formă de ape curgătoare, lacuri, pînze freatice etc. care, în totalitatea lor, formează obiectul de studiu al *Limnologiei* (de la grecescul *limne* = lac, eleșteu; *lo-*

gos = vorbire), sau apele pot înconjura uscaturi continentale sau insulare sub formă de oceane și mări, formînd obiectul de studiu al *Oceanologiei* (*okean* = mare). Aceste două mari domenii ale apelor alcătuiesc împreună **Hidrobiologia.** Sînt o serie de caracteristici comune tuturor apelor (dulci sau marine), după cum sînt unele care privesc numai apele dulci sau numai cele marine. În țările din interiorul continentelor, studiul limnologiei este mai dezvoltat (Finlanda, R. F. Germania, R. D. Germană, Ungaria, România etc.), pe cînd în țările riverane predomină studiul oceanologiei (U.R.S.S., S.U.A., Franța, Anglia, Italia etc.).

Definiția hidrobiologiei a fost formulată de mulți autori. Ea oglindește, în general, concepția biologică și practică a timpului în care a trăit autorul care a formulat-o. Astfel, A. S. Zernov (1949) o definește ca *„știința care studiază legătura cauzală și relațiile reciproce dintre organismele acvatice și mediul lor înconjurător, atît viu, cît și cel lipsit de viață"*. După această definiție, obiectul fundamental de studiu al hidrobiologiei ar fi: organismul acvatic (hidrobiontul), biocenoza și bazinul acvatic. Stabilirea relațiilor și raporturilor dintre aceste trei unități reprezintă conținutul hidrobiologiei. Dar o asemenea definiție prezintă dezavantajul că nu face nici o legătură între hidrobiologie și practică.

A. L. Zenkevici (1950) susține că: *„Sarcina principală a hidrobiologiei poate fi considerată studierea ambianței fenomenelor biologice de masă, ce se desfășoară în ape, în cadrul cercetării complexe a bazinului. Hidrobiologia trebuie să se ocupe de întreg ansamblul de fenomene de intrare, de transformare, de acumulare și de consum al substanțelor organice din ape, sub aspectul analizei și caracterizării cantitative a proceselor principale de masă, a vitezei dinamicii acestor procese și de gradul de acumulare al organismelor, indiferent de stadiul de dezvoltare al acestora, acordînd o atenție deosebită produsului final"*.

Jadin (1950) definește hidrobiologia ca fiind *„o disciplină biologică complexă, al cărei obiect constă în studiul unității dintre organismele acvatice și mediul lor. Hidrobiologia studiază productivitatea biologică a apelor și elaborează metodele de dirijare activă a proceselor de producție biologică a apelor"*.

După Welch (1952), hidrobiologia se ocupă cu *„productivitatea biologică a apelor și cu toți factorii care o determină"*.

A. N. Berezina (1953) afirmă că *„hidrobiologia studiază organismele acvatice și procesele biologice ce se petrec în bazinele acvatice, în scopul dirijării acestor procese în interesul omului"*.

După B. Dussart (1966) *„hidrobiologia este știința care studiază viața ființelor ce populează apele, atît ca viață individuală, cît și ca viață colectivă, organizată sau nu. Ea se preocupă nu numai de fiziologia indivizilor, de metabolismul lor și de influența factorilor de mediu asupra acestuia (ecologie), ci și de comportamentul organismelor (etologie), de felul reproducerilor, de dezvoltarea lor, de relațiile lor*

cu indivizii care trăiesc în colectivitate, fie indivizi de aceeași specie (relații intraspecifice), fie de specii sau grupe diferite (relații interspecifice, asociații, lanțuri trofice etc.)".

Din toate aceste definiții am putea desprinde că *hidrobiologia studiază aspectele multiple ale vieții ce se desfășoară în ape, relațiile dintre organismele acvatice și relațiile acestora cu mediul înconjurător, în vederea cunoașterii condițiilor optime necesare pentru dirijarea proceselor ce se petrec în bazinele acvatice, în scopul măririi cantitative și calitative a produsului final, fără a prejudicia însă circuitul normal al materiei din bazin.*

Este cît se poate de clar că fără o producție biologică cît mai constantă, nu se poate defini obiectul hidrobiologiei. Prin introducerea noțiunii de „producție" (la care se referea și Gr. Antipa) în definirea obiectului hidrobiologiei, aceasta s-a putut delimita de sfera de preocupări ale ecologiei acvatice, care, de asemenea, studiază relațiile dintre organisme și mediul lor de viață.

Astăzi, considerăm că studiul hidrobiologiei trebuie să aibă în vedere și procesele de poluare și autoepurare, care pot modifica în mod radical caracteristicele fizico-chimice și biologice ale apelor.

Organismul acvatic este legat *direct* de mediul său de viață, atît ca individ, cît și ca asociație biocenotică. La modificarea mediului, organismele se adaptează prin mecanisme fiziologice adecvate. Dacă limitele de variație a condițiilor de mediu depășesc posibilitățile de adaptare ale organismelor, atunci ele sau trec într-o stare de viață latentă, sau mor. În reglarea mecanismelor fiziologice de adaptare la mediu, un rol important la animale îl joacă sistemul nervos, care, recepționînd excitanții noilor condiții, „comandă" schimbări adecvate în funcționarea organelor interne în conformitate cu noile cerințe. Este demn de reținut că procesul de adaptare are la bază informația dată de schimbarea metabolismului individual; prin astfel de schimbări de informație trebuie cercetate și înțelese toate modificările adaptative pe care le găsim și la nivelul biocenozelor.

Studierea fiecărui factor, cît și a ansamblului de factori care intervin în creșterea productivității și a producției biologice a bazinelor este o necesitate în hidrobiologie. Dacă posibilitățile de hrană ale unui bazin cresc, atunci și productivitatea crește, fie prin mărirea greutății indivizilor, fie prin creșterea prolificității acestora, sau prin ambele deodată. Dacă din hrană lipsesc anumiți produși, cum ar fi aminoacizii esențiali, fosfații, vitaminele etc., chiar lipsa numai a unuia din aceștia poate determina o scădere a productivității bazinului în ansamblul său.

Pentru a putea dirija producția biologică, trebuie pornit de la fapte concrete. Cercetarea experimentală este singura în măsură să furnizeze astfel de fapte și date. Cercetarea trebuie să pornească de la analiza rezultatelor obținute în studierea indivizilor de bază care compun o asociație de organisme, apoi de la realitatea măsurabilă a factorilor de mediu.

Organismul acvatic nu poate fi înțeles în afara mediului său. Dezvoltarea lui în spațiu și timp este legată de prezența anumitor substanțe și a unor factori fizici și biologici specifici. Organismul viu prezintă o anumită structură biochimică ce determină o serie de funcții specifice, iar pe seama informației (materie și energie) se păstrează ca o unitate vie capabilă de autoreglaj și evoluție. Structura biochimică este conservatoare, deoarece rezultă dintr-un anumit echilibru ereditar. Factorii de mediu sînt variabili și au tendința să modifice în permanență structura biochimică. Din antagonismul dintre tendințele conservatoare ale eredității și cele mereu variabile ale factorilor de mediu rezultă echilibrul dinamic, care modifică sau menține structurile și funcțiile organismelor vii. Urmează, deci, că hidrobiologia trebuie să acorde aceeași însemnătate studierii structurilor biochimice ale indivizilor, cît și acțiunii factorilor de mediu. Ambele aspecte sînt implicate în producția de materie organică din bazinele acvatice, deci în productivitatea acestora și în cantitatea produsului final.

BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY

ISTORICUL DEZVOLTĂRII HIDROBIOLOGIEI

Hidrobiologia se diferențiază ca disciplină aparte abia în a doua jumătate a secolului XIX. Dar cunoștințe referitoare la mediul și organismele acvatice s-au acumulat din cele mai vechi timpuri. Cu toate că omul primitiv a trăit pe uscat, el a cunoscut apele curgătoare și lacurile din jur, cu siguranță și marea. În vechile lui adăposturi (peșteri din Elveția, din Primorie U.R.S.S., din Anzi etc.) s-au găsit depozite de scoici (*Unio, Anodonta, Ostrea, Pecten, Cardium* etc.). Este foarte probabil că omul preistoric a utilizat și peștii în hrana sa, după cum o atestă desenele din peșteri sau de pe uneltele de os cu care lucra (fig. 1).

În cărțile sanscrite ale Indiei (aproximativ anul 5000 î.e.n.), pe tăblițele asiriene, în hieroglifele din Egiptul antic, ca și în cărțile vechi, pescuitul este citat ca o îndeletnicire curentă a omului. În Creta peștele era oferit regilor și zeilor.

Arta Egiptului antic și a Mesopotamiei înfățișează adesea scene de pescuit, ca și animale și plante din zona marilor fluvii. Egiptenii foloseau papirusul pentru a trasa cursul Nilului, lărgimea inundațiilor, a bălților din preajma marelui fluviu. În grădinile palatelor existau eleștee cu pești (fig. 2).

Marea a jucat un rol important în viața grecilor, atît pe plan economic cît și artistic. Astfel, în decorarea vaselor cretane și miceniene, ca și în toată ceramica greacă, animalele marine au reprezentat adesea ornamentația pereților acestor vase (fig. 3). Lucrările lui Aristotel

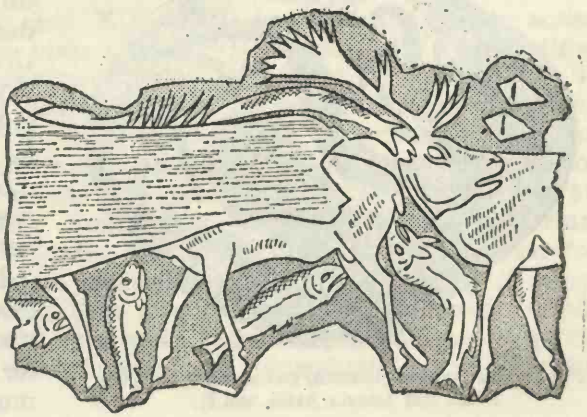


Fig. 1. Cerbi trecînd vadul — desen pe os din neolitic (din Istoria Artei, vol. I).

Fig. 2. Ossiris lîngă un eleşteu (după M. E. Matieu).

(sec. V şi IV. î.e.n.) aduc numeroase date de zoologie marină şi dulcicolă. Ptolemeu (sec. II. î.e.n.) a intenţionat să facă chiar o hartă a globului pămîntesc, pe care a schiţat Mediterana, insulele Britanice de astăzi, cît şi o serie de mări pînă în Oceanul Indian. Distrugerea bibliotecii din Alexandria a fost o mare pierdere a culturii vechi şi, cu siguranţă, că ea a cuprins date numeroase despre viaţa din apele dulci şi marine.

Din epoca romană, pe lîngă Pliniu cel Bătrîn cu lucrarea *Istoria naturală* (37 volume), care conţinea tot ce se ştia pe la începutul erei noastre despre viaţa din ape, trebuie amintită şi opera lui Oppianus (sec. II î.e.n.) care, în afara unei cărţi despre păsări *(Ixentica)* şi una despre vînătoare *(Kineghetica)*, a scris şi un poem didactic în 5 părţi despre peşti şi pescuit *(Helientica)*.

Fig. 3. Vas cretan (Gurnia) cu caracatiţă (2000 î.e.n., din Istoria Artei, vol.I).

Frumuseţea organismelor acvatice a fost adesea înfăţişată în tablouri, printre care un mozaic dintr-o casă de bogat negustor din Pompei este de o rară frumuseţe (fig. 4).

În evul mediu, observaţiile despre natură progresează puţin datorită în special dogmelor religioase impuse de sistemul inchiziţional.

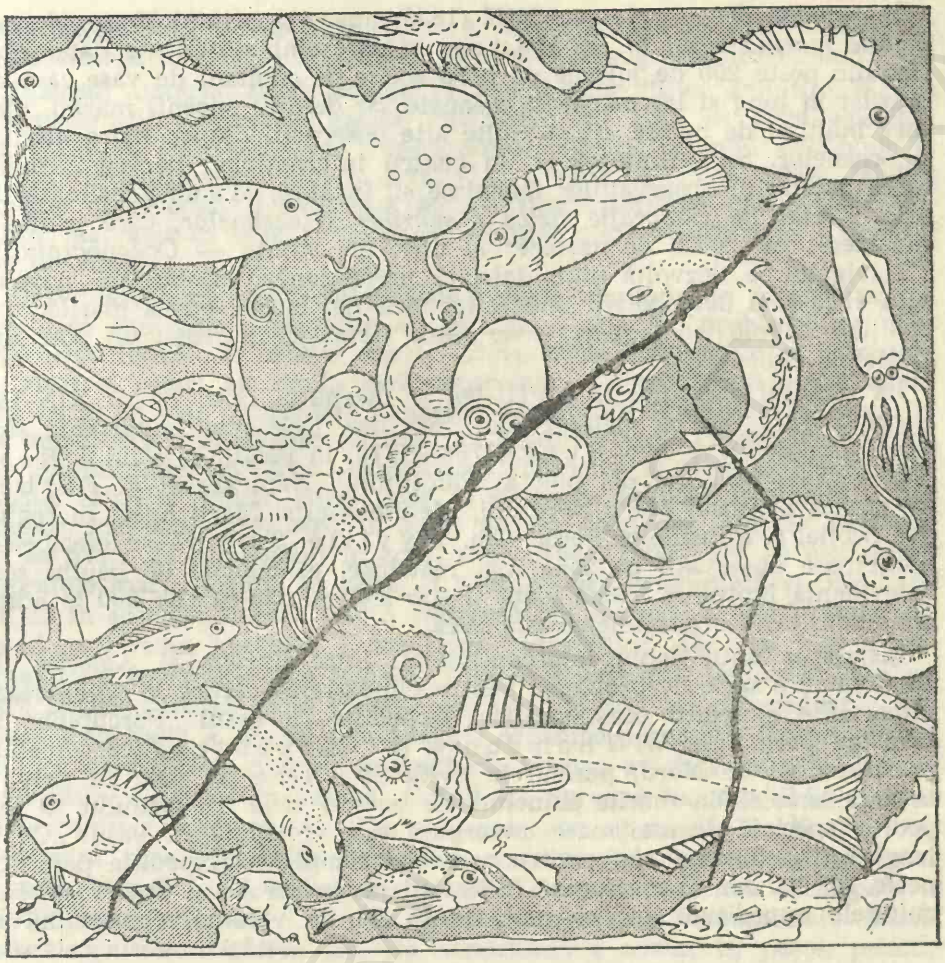


Fig. 4. Faună marină (mozaic din Pompei, anul 79 î.e.n).

Abia în timpul Renașterii (sec. XIV—XVI) încep să apară date scrise (datorită tiparului) și despre viața din ape. Noile mijloace de investigație puse la dispoziție de dezvoltarea fizicii și chimiei permit lui Leeuwenhoek (1636—1723) să observe pentru prima dată la microscop infuzori. Roesel van Rosenhof (1705—1784) cercetează numeroase nevertebrate acvatice de talie mică; fiind și pictor și gravor, reproduce imagini foarte artistice ale acestor organisme minuscule din ape. Otto F. Müller (1730—1784) face observații pe crustacei inferiori din râuri și lacuri. În 1838 apare un studiu larg și documentat al protozoarelor și algelor microscopice acvatice datorat lui H. Ehrenberg (Germania). Totalitatea acestor lucrări și a altora arată lumii existența în păturile superioare ale apelor a unui mare număr de organisme vegetale și animale *(plancton)*, ceea ce orientează pe naturaliști înspre domeniul acvatic.

În primele decenii ale sec. XIX (1835) apare și primul *Tratat de navigație marină* a lui M. F. Maury, în care sînt sintetizate datele culese din peste 200 de jurnale de bord scrise de căpitani de vase care au brăzdat în lung și lat mările și oceanele. Se descriu curenți marini, vînturi, înălțimi de maree, cît și multe alte observații despre fizica mărilor și oceanelor. Se înființează și un centru internațional pentru comunicarea datelor și observațiilor maritime și, în 1846, Maury editează un prim *Tratat de Geografie fizică a mărilor și oceanelor,* care poate fi considerat ca „actul de naștere" al unei noi științe — *Oceanografia.*

Navigația se dezvoltă mult datorită perfecționării propulsării navelor prin elice și a descoperirii telegrafiei fără fir. Începe epoca marilor expediții oceanologice organizate de către statele ce posedau un potențial economic ridicat.

La sfîrșitul secolului al XVIII-lea și începutul celui de al XIX-lea, expedițiile se fac pe distanțe mai restrînse. Cele mai importante sînt expedițiile conduse de J. Cook (1768—1779) în Pacific și a lui J. Ross (1814—1844) spre cei doi poli ai Pămîntului. Naturalistul E. Forbes cercetează bentosul Mării Nordului, Mediteranei și Mării Egee. În regiunea Scoției și a insulelor Feroë, Ch. Wyville-Thomson efectuează numeroase observații pe zone mai restrînse; cercetările de bentos scot în evidență faptul că există viață și sub 200 m, dar că sub 500 m adîncime densitatea organismelor este mică.

Instalarea unui cablu intercontinental între Europa și America de Nord pune o serie de probleme pentru cunoașterea cărora se organizează importante expediții oceanografice. Expediția cu vasul „Porcupine" la care iau parte Ch. W. Thomson și dr. Carpenter face cercetări în Atlanticul de Nord, punînd în evidență o serie de date cu privire la organismele din marile adîncimi ale acestei zone a oceanului. O expediție specială de mai mare anvergură este efectuată cu vasul „Challenger" (fig. 5) amenajat pentru cercetări complexe. Expediția parcurge peste 125 000 km și efectuează 362 stații pentru probe și observații. Rezultatele expediției sînt consemnate în 50 de volume, constituind și astăzi una din cele mai importante achiziții în domeniul oceanografiei. Datele culese au demonstrat faptul că în ocean viața este răspîndită la toate nivelele, iar pe platoul continental și în pătura superioară este deosebit de bogată. Atlanticul este cercetat și de expedițiile franceze cu vasele „Travailleur" și „Talisman" cît și de alte expediții americane și germane. Principele Albert I de Mo-

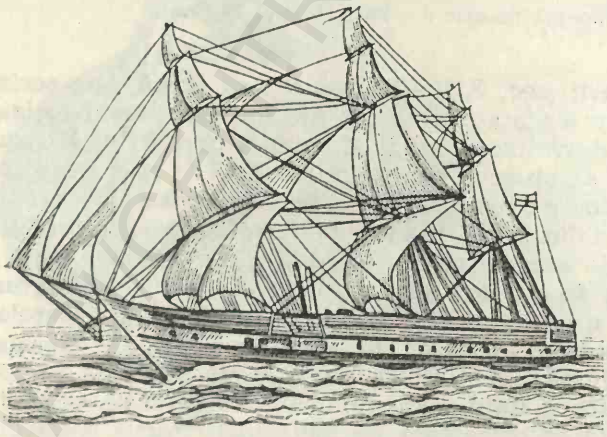


Fig. 5. Vasul de cercetări marine „Challenger".

naco organizează cîteva expediții cu navele „Princesse Alice" I și II, iar la încheierea lor (1910) înființează Muzeul oceanografic din Monaco.

Imensul material faptic adunat în cursul expedițiilor amintite, alături de altele din domeniul apelor interioare au stat la baza apariției ca știință a hidrobiologiei. Fundamentul teoretic al noii discipline îl constituie teoria evoluționistă a lui Ch. Darwin (1809—1882). Mediul acvatic oferă condiții excelente pentru fundamentarea teoriei evoluționiste, mai ales în ceea ce privește relațiile dintre organisme și mediul lor de viață.

Dezvoltarea industriei, necesitățile mereu crescînde de materii prime, creșterea centrelor urbanistice au pus, de asemenea, probleme noi disciplinelor legate de studiul apelor. Deversările industriale și menajere în rîuri și lacuri nu rămîn fără consecințe, ele producînd o degradare din ce în ce mai pronunțată a apelor. Construcțiile de baraje, lucrările de amenajare a cursurilor de apă pot modifica mult condițiile de viață ale organismelor acvatice. Exploatarea intensivă și nerațională a unor bazine acvatice pentru pește duce la sărăcirea aproape completă a bazinelor, mai ales interioare, în acest produs. Finlanda este un exemplu cît se poate de concludent în acest sens. Apele interioare de aici ocupă suprafețe mari. Bogăția în pește al acestora era evidențiată și prin faptul că în secolele trecute multe embleme ale orașelor aveau peștele sau racul ca însemn heraldic. Dezvoltarea industriilor, dar mai ales a exploatărilor forestiere care foloseau pentru transportul lemnului canalele care făceau legături între lacurile din nord și sud, au determinat o poluare accentuată a apelor cu substanțe organice provenite din materialul lemnos transportat. Atacate de bacterii, acestea au determinat sărăcirea accentuată a apelor în oxigen, făcîndu-le aproape incompatibile pentru viața peștilor. Vărsarea în canale a unor ape cu reacție acidă din turbăriile pe care acestea le străbăteau a determinat acidifierea mediului în așa măsură încît unii crustacei care constituiau hrana principală a peștilor au pierit, la fel ca și o serie de organisme monocelulare. Toate acestea au determinat o penurie accentuată a apelor în pește, primul care a dispărut fiind somonul. Cu timpul, asemenea fenomene s-au petrecut și în Europa Occidentală. Ca urmare, au apărut noi probleme pentru cei care lucrau în domeniul economiei apelor și în cercetare. Oamenii de știință au fost chemați să dea răspuns acestor probleme de interes major; preocupările în această direcție au stat la baza apariției unui nou domeniu de cercetare — *Limnologia.*

Începuturile limnologiei ca știință sînt marcate de lucrările lui F. A. Forel (1814—1912) asupra lacurilor din Elveția (*Allgemeine Limnologie,* 1901), în care se stabilesc metodele de lucru și se trasează un program pentru studierea apelor interioare.

Prima sarcină pusă în fața limnologilor a fost aceea de a lămuri cauzele care au dus la depopularea apelor dulcicole în faună piscicolă și de a găsi mijloacele eficiente pentru refacerea acestei bogății. Pentru realizarea acestor obiective se impunea cu necesitate studierea tuturor organismelor și a nevoilor lor vitale, precum și a condițiilor de mediu în care trăiesc asociațiile de organisme și raporturile dintre diversele

organisme ce populează un anumit biotop. Trebuia făcut un studiu pentru stabilirea raporturilor dintre biocenoze, circulația de substanțe și de energie în cadrul acestora.

Atenția cercetătorilor se îndreaptă spre *plancton* — noțiune introdusă în știință de către H e n s e n (1887) și care îl definește ca totalitatea organismelor ce se mențin în stare de plutire liberă în straturile superioare ale apelor și care constituie hrana primară a animalelor acvatice. Legat de studiul planctonului se elaborează noțiunea de „productivitate biologică" a bazinului, căutîndu-se să se explice rolul care revine mai ales fitoplanctonului în această productivitate. Pentru aceste motive, dintre biocenozele cunoscute la sfîrșitul secolului al XIX-lea, planctonul era relativ cel mai bine studiat.

Cercetările asupra apelor dezvoltîndu-se, determină nevoia de a se înființa instituții specializate cu personal stabil, care să se ocupe exclusiv de acest domeniu. Astfel, iau ființă stațiunile de la Sevastopol (U.R.S.S. — 1871), de la Neapole (Italia — 1872), de la New Port (S.U.A. — 1876), de la Plön (Germania — 1890), la Aneboda (Suedia — 1907), iar ulterior o serie de alte stațiuni, atît cu caracter limnic, cît și marin. În aceste stațiuni se fac investigații cu privire la istoricul bazinelor, proprietățile chimice ale apelor, densitatea planctonului și compoziția faunei în general, pe baza cărora se încearcă o clasificare generală mai ales a apelor interioare (A. T h i e n e m a n n, E. N a u m a n, J. L u n d q u i s t). Se studiază capacitatea de autoepurare a apelor poluate și se stabilesc gradele de poluare folosind în acest scop organismele care poluează aceste ape (R. K o l k w i t z, 1909).

Înființarea (în anul 1916) Societății Internaționale de Limnologie sub conducerea lui A. T h i e n e m a n n și apariția revistei de largă răspîndire *Archiv fiir Hydrobiologie* au constituit un important pas înainte în dezvoltarea limnologiei. Ulterior, se editează o serie de alte reviste periodice cum sînt *International Revue der Gesamte Hydrobiologie* (1908), *Ruskii ghidrobiologiceskii jurnal* (1921) și altele. O serie de monografii completează literatura hidrobiologică, fie din domenii mai largi, fie cu privire la studiul unei singure unități hidrologice.

În zilele noastre, cercetarea în domeniul apelor dulcicole și marine a luat un avînt considerabil, datorită nevoilor practice, a progresului tehnic la care se adaugă explozia demografică care determină grija omenirii de azi pentru hrana omenirii de mîine.

Deficitul în proteine din hrana populațiilor unor țări, mai ales subdezvoltate, cresc de la an la an, ceea ce determină găsirea de noi căi și modalități de rezolvare a acestei probleme deosebit de acute. Privirea se îndreaptă spre oceanul mondial, ale cărui resurse în proteine ar putea satisface cel puțin în parte nevoile acestor populații. Resursele de pește ale oceanelor au fost estimate ca fiind de ordinul sutelor de milioane de tone/an. În prezent, din acestea se exploatează relativ o mică parte (63 milioane tone în 1967). Pe de altă parte, oceanul oferă și proteine vegetale industrializabile (alge), care încă sînt prea puțin folosite. Oceanul oferă energie, minerale și alte bogății. Din aceste motive, aproape toate statele dezvoltate au echipat și continuă să echipeze vase de cercetări sau lansează sateliți care fac investigații în toate zonele oceanelor, cu scopul de a depista și valorifica fabuloasele lui bogății.

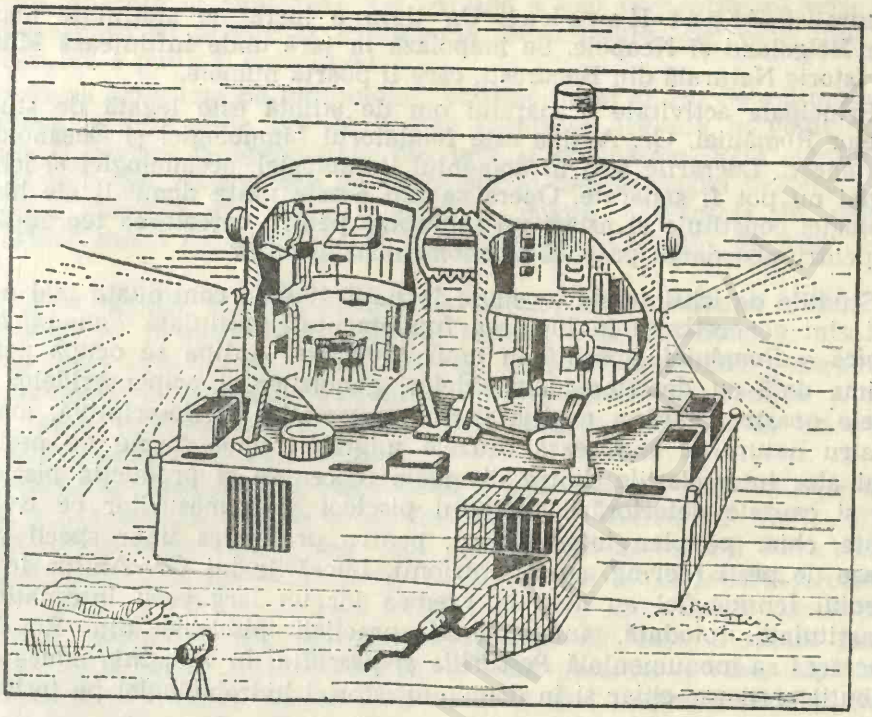


Fig. 6. Schema unui laborator subacvatic permanent (după Gaskell).

Disproporția de resurse dintre țările avansate și cele slab dezvoltate sau în curs de dezvoltare a necesitat intervenția Organizației Națiunilor Unite în organizarea și coordonarea acestor cercetări, pentru ca rezultatele să ajungă la îndemîna tuturor popoarelor. Cercetarea oceanologică se face astăzi și sub egida UNESCO pe baza unui plan elaborat de primul Congres Internațional de Oceanografie din 1959, prin Comisia Oceanografică Interguvernamentală din care face parte și România.

Mijloacele moderne de cercetare în domeniul hidrobiologiei s-au diversificat. În oceanologie au fost introduse metode sonice perfecționate, radioizotopi și dispozitive de imersie cum sînt batiscaful, mezoscaful („farfurii" subacvatice), costume speciale etc. Laboratoare semipermanente cercetează la fața locului variația factorilor de mediu și a organismelor (fig. 6). În zona platoului continental, scafandrul autonom și aparatele de filmat sub apă au pus în evidență și au clarificat multe din necunoscutele domeniului submers.

*

* *

Începuturile Hidrobiologiei în țara noastră sînt legate de numele lui Grigore Antipa și Ioan Borcea.

Grigore Antipa (1867—1944). După efectuarea studiilor în țară le continuă la Jena unde își susține doctoratul sub îndrumarea marelui

naturalist Ernst Haeckel. Un timp a lucrat la staţiunile marine din Helgoland şi Neapole. Se înapoiază în ţară unde înfiinţează Muzeul de Istorie Naturală din Bucureşti, care îi poartă numele.

Principala activitate a marelui om de ştiinţă este legată de studiul apelor României. Gr. Antipa este fondatorul Limnologiei şi Oceanologiei româneşti. Lucrările sale în domeniul limnologiei, oceanologiei şi ichtiologiei nu pot fi separate. Opera sa din aceste vaste domenii ale hidrobiologiei constituie şi astăzi un îndreptar pentru cercetarea teoretică cît şi pentru abordarea practică a fenomenelor acvatice.

Studiile de ichtiofaună începute în anul 1903 şi continuate mai mulţi ani sînt concretizate în lucrarea fundamentală intitulată *Fauna ichtiologică a României,* apărută în anul 1909. Gr. Antipa se ocupă pentru prima dată cu descrierea clupeidelor, ganoizilor şi acipenseridelor din apele noastre. Fără a neglija partea sistematică şi descriptivă, marele nostru naturalist analizează cauzele migraţiei unor forme de peşti şi mai ales interrelaţiile dintre diversele biocenoze şi producţia piscicolă, ca şi cauzele deteriorării fondului piscicol şi a măsurilor ce trebuie luate, chiar pe plan internaţional, pentru protejarea unor specii valoroase de peşti (hering, şprot, sturioni). Lucrările lui Gr. Antipa în domeniul Ichtiologiei au avut la vremea lor un larg ecou internaţional, constituind, totodată, fundamentul practicii piscicole din România. Lucrarea sa monumentală *Pescăriile şi pescuitul în România* aduce contribuţii preţioase chiar şi în domeniul istoriei hidrobiologiei pe teritoriul patriei noastre.

Studiind lunca inundabilă a Dunării, cu numeroasele sale bălţi, Delta Dunării şi lacurile limitrofe, Gr. Antipa fondează studiul limnologiei din ţara noastră. În anul 1912 apar în volum lucrările sale referitoare la zona inundabilă a Dunării sub titlul *Regiunea inundabilă a Dunării* şi o altă lucrare *Die Biologie des Donau-Deltas und des Inundationsgebitte der unteren Donau,* aceasta din urmă fiind tradusă şi în limba sîrbă. Studiile sale minuţioase asupra condiţiilor biologice din sectorul Dunării inferioare se cristalizează în două importante lucrări cu caracter de sinteză şi anume: *Bazele biologice ale mecanismelor producţiei apelor Dunării de Jos* şi *Bazele biologice ale producţiei în partea Nord-Vestică a Mării Negre.* Prin aceste lucrări, Gr. Antipa se situează în fruntea celor care privesc fenomenele ce se petrec în apă prin prisma interacţiunii dintre factorii fizico-chimici, biologici şi economici. De altfel, Gr. Antipa a abordat în studiile sale şi domeniul complex al biosociologiei.

Activitatea în domeniul oceanografiei nu este mai prejos decît aceea din domeniul limnologiei. Cunoscînd modul de organizare a staţiunilor marine pe care le vizitează sau la care lucrează efectiv, precum şi aparatura biooceanografică utilizată în acel timp, Gr. Antipa organizează în anul 1932 Institutul Biooceanografic de la Constanţa, în prezent secţie a Institutului Român de Cercetări Marine. În cadrul studiilor de oceanografie acordă interes major Mării Negre. Cercetările efectuate în acest bazin le înglobează într-o lucrare mai vastă intitulată *Marea*

Neagră, apărută în anul 1941. Gr. Antipa a mai preconizat să scrie un amplu studiu cu privire la ichtiofauna Mării Negre, dar care, din nefericire, nu a putut fi definitivat.

Vasta sa activitate de hidrobiolog, activist social și om de cultură este cuprinsă în cele peste 140 de lucrări științifice apărute în volume separate și reviste de specialitate din țară și străinătate. Prin conținutul operei sale, Gr. Antipa este un precursor al hidrobiologiei moderne. Înscrierea numelui său printre numele ilustre aniversate în cadrul UNESCO, atestă cu prisosință personalitatea sa științifică pe plan mondial.

Grigore Antipa a reușit să îmbine într-un mod armonios cercetarea științifică cu problemele impuse de nevoile practice. Studiile sale de înaltă valoare teoretică și practică din domeniul ecologiei generale, a biocenologiei și productivității biologice, constituie un exemplu și imbold pentru toți cei care se dedică hidrobiologiei, domeniu de mare însemnătate pentru viitorul omenirii.

Contribuții însemnate în organizarea cercetărilor de hidrobiologie marină la noi în țară a adus și profesorul Ioan Borcea (1879—1936). Absolvent al Universității din Iași, unde a fost elevul lui Paul Bujor, I. Borcea se dedică studiului ecologiei marine în laboratoarele lui Yves Delage de la Sorbona. După revenirea în țară este numit profesor la Catedra de zoologie a Universității din Iași. Studiază fauna Mării Negre, făcînd o serie de ieșiri în larg pe diverse vase, după care scrie cîteva monografii asupra filopodelor și apoi asupra gobiidelor, pești relicți din Marea Neagră, chefalilor etc. În anul 1926 înființează Stațiunea de cercetări de la Agigea, astăzi secție de resurse marine a Institutului Român de Cercetări Marine. Timp de 10 ani desfășoară o prodigioasă muncă de cercetare în cadrul acestei stațiuni asupra faunei Mării Negre, care îl consacră pe plan mondial.

Contribuții la dezvoltarea hidrobiologiei a adus și Emil Racoviță, primul cercetător român care a participat la o expediție ce avea să străbată mări și oceane în drumul spre Antarctica. În calitate de zoolog al expediției cu vasul „Belgica", Racoviță a adunat un bogat material faptic, a făcut observații importante asupra faunei mărilor sudice și în special asupra mamiferelor acvatice. Emil Racoviță aduce importante contribuții și la studiul apelor subterane, prin fondarea *Biospeologiei* — ramură nouă a științelor biologice. Activitatea sa din acest domeniu este continuată de către colaboratorii Institutului de Speologie, care îi poartă numele.

Pășind pe drumul deschis de acești valoroși înaintași, o serie de oameni de știință din țara noastră s-au dedicat studiului hidrobiologiei. Stațiuni de cercetări ca aceea de la Pîngărați (jud. Neamț), de la Orșova etc., cît și colective de cercetare de la Institutul Central de Cercetări Biologice, studiază biologia apelor interioare, inclusiv a lacurilor de baraj nou construite.

Cercetări în acest domeniu se mai efectuează și de către cadre didactice din învățămîntul superior, colective aparținînd Ministerului Agri-

culturii, Industriei Alimentare și Apelor, de către secția piscicolă a Institutului de Cercetări Alimentare, iar pe linie de sănătate prin institutele de igienă aparținînd Ministerului Sănătății.

O serie de documente de partid și de stat elaborate în ultimii ani au acordat o importanță sporită cercetărilor în domeniul apelor, preconizîndu-se o intensificare a studiilor asupra posibilităților de valorificare a Deltei Dunării și a bogățiilor platformei continentale a Mării Negre, protejarea și conservarea resurselor naturale. Între altele, s-a realizat unirea tuturor forțelor de cercetare din domeniul marin într-un institut de cercetări marine, dotat cu aparatură și mijloace moderne de cercetare, cu sediul la Constanța. Acest institut *(Institutul Român de Cercetări Marine)* a grupat la un loc unitățile de cercetare care lucrau în sectorul marin și abordează studiul sectorului românesc al Mării Negre.

Partea întîi

APA — MEDIU DE VIAȚĂ

După teoriile cele mai larg răspîndite, apa este mediul în care a apărut viața. În apă au luat naștere primele forme de materie vie și tot în apă acestea au parcurs o însemnată parte a evoluției lor. Numeroase încrengături vegetale și animale trăiesc și azi în ape, dacă nu în totalitatea lor, în majoritatea speciilor.

Celulele organismelor terestre trăiesc și ele într-un mediu apos numit de către Cl. Bernard *mediu interior* (plasma interstițială). Majoritatea schimburilor celulare se fac în mediu apos, iar totalitatea reacțiilor biochimice ale metabolismului se petrec numai în plasma celulară, de asemenea mediu apos. Fără apă nu poate exista nici un fel de manifestare a vieții pe Pămînt.

Unele mecanisme de schimb dintre organismele acvatice și mediul lor de viață pot servi ca modele experimentale pentru studiul unor schimburi dintre celule și mediul intern al organismului. Acest fenomen denotă universalitatea mediului apos ca sediu al tuturor reacțiilor și schimburilor dintre organism și mediu.

Apa se află la baza vieții, deoarece este un lichid care prezintă o serie de proprietăți cu totul aberante, în raport cu alte substanțe aparținînd aceleași categorii în ce privește structura chimică. Cunoscînd aceste proprietăți aberante, putem înțelege o serie de manifestări ale vieții, legate de prezența apei în natură și în constituția materiei vii.

Capitolul I

APA DIN PUNCT DE VEDERE FIZICO-CHIMIC

MOLECULA DE APĂ

Pînă la sfîrșitul sec. XVIII, apa era considerată ca un „element simplu", admis alături de foc, aer și pămînt, ca fiind unul din cele patru elemente de bază ale universului, care, după concepția filozofilor greci, formau esența lucrurilor. Lavoisier a determniat alcătuirea chimică

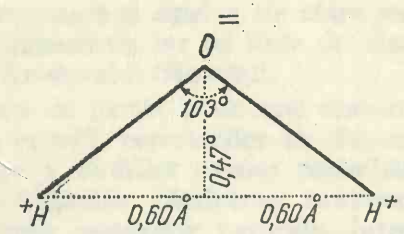


Fig. 7. Configurația spațială a moleculei de apă.

a apei, definindu-i formula: H_2O(H—O—H). Într-o moleculă-gram de apă, de greutate moleculară 18, există 16 g de oxigen și 2 g de hidrogen. După aranjamentul spațial al atomilor, oxigenul se găsește în centrul unui tetraedru, iar cei doi hidrogeni în două colțuri ale acestuia (fig. 7). Ca urmare a acestei aranjări spațiale, molecula de apă este polarizată în așa fel încît sarcinile electrice negative ale oxigenului se dispun într-o direcție, alta decît sarcinile electrice pozitive ale hidrogenului. Analiza cu raza X a permis să se măsoare distanța între atomul de oxigen și cei doi atomi de hidrogen. O astfel de moleculă polarizată se numește *dipol* și ea dispune de un cîmp electric, astfel că într-un agregat molecular de apă, polii de sarcini electrice contrare se apropie, alcătuind o dispoziție structurală caracteristică.

Elementele de constituție ale apei sînt *oxigenul,* care prezintă 3 izotopi stabili: ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O și 3 izotopi radioactivi cu o viață foarte scurtă: ^{14}O, ^{15}O, ^{19}O și *hidrogenul,* care prezintă 2 izotopi stabili ^{1}H (hidrogen), ^{2}H (deuteriu) și un izotop radioactiv cu o perioadă de înjumătățire de peste 12 ani: ^{3}H (tritiul).

Datorită acestor izotopi există posibilitatea de a obține 18 molecule de apă diferite, care se deosebesc între ele printr-o serie de proprietăți. Dintre acestea, mai comună este *apa normală* ($^{1}H_2{}^{16}O$).

Apa grea ($^{2}H_2{}^{16}O$ sau D_2O) se găsește în natură, mai ales la marile adîncimi ale oceanelor și lacurilor, în proporție ce crește cu adîncimea. Ea îngheață la 3,8°C și fierbe la 101,4°C. La animalele abisale intră în componența corpului și, probabil, datorită prezenței ei viteza reacțiilor chimice, care crește sub acțiunea presiunii hidrostatice, este încetinită într-o anumită măsură.

Apa supragrea ($^{3}H_2{}^{16}O$ sau T_2O) se poate găsi în cantități foarte reduse în apa de ploaie. Tritiul se formează în straturile superioare ale atmosferei în urma bombardării atomilor de ^{14}N de către radiațiile cosmice și transformarea lui în ^{4}He și ^{3}H. Apa supragrea îngheață la 8°C și fierbe la 104°C. Tritiul este radioactiv, deci instabil, cu o perioadă de înjumătățire lungă. Izotopul este folosit ca element „trasor" pentru a urmări circulația subterestră a apei, pentru a urmări intrarea și circulația acesteia în organismele vii, sau pentru a urmări transformările lanțurilor de hidrogen în metabolismul intermediar (tab. 1).

Tabelul 1

Asociațiile moleculare și starea de agregare a moleculelor de apă la diferite temperaturi

Temperatura (în °C)	Natura agregatelor de dipoli	Conținutul (în %)	Densitatea medie	Starea de agregare
0	$(H_2O)_3$	100	0,908	Solid
0+e	$(H_2O)_3$ $(H_2O)_3$	50 50	—	Solid Lichid
4	$(H_2O)_3$ $(H_2O)_2$	30 70	1,000	Lichid
15	$(H_2O)_3$ $(H_2O)_2$ H_2O	5 90 5	—	Lichid
100	$(H_2O)_2$ H_2O	5 95	0,960	Lichid Gaz
100+e	H_2O	100		Gaz

PROPRIETĂȚI CE REZULTĂ DIN STRUCTURA POLARĂ A MOLECULEI DE APĂ

Natura de d i p o l a apei permite explicarea unor fenomene legate de starea de agregare a moleculelor ei, a dispersiei ionice sau moleculare a unor alte molecule în apă.

Asocierea dipolilor apei, pe baza unor legături labile de tip „legături de hidrogen", ne explică de ce apa poate prezenta în natură mai multe forme de agregare, fiecare cu alte proprietăți. Grupările polare ale moleculei de apă se numesc și h i d r o l i și ele se pot asocia astfel: *monohidrol* (H_2O); *dihidrol* $(H_2O)_2$; *trihidrol* $(H_2O)_3$; *polihidrol* $(H_2O)_n$.

Asocierea hidrolilor poate avea o dispunere lineară sau de agregat organizat (fig. 8).

Apa din natură este un amestec de astfel de agregate în care procentul diferiților componenți depinde de temperatură. Ca urmare, starea în care se află este diferită: solidă, lichidă sau gazoasă (fig. 9).

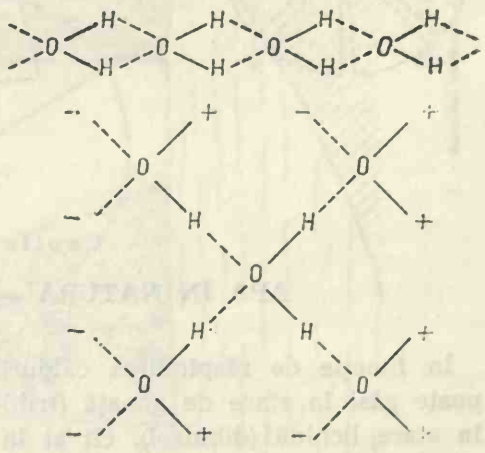


Fig. 8. Asocierea spațială a moleculelor de apă.

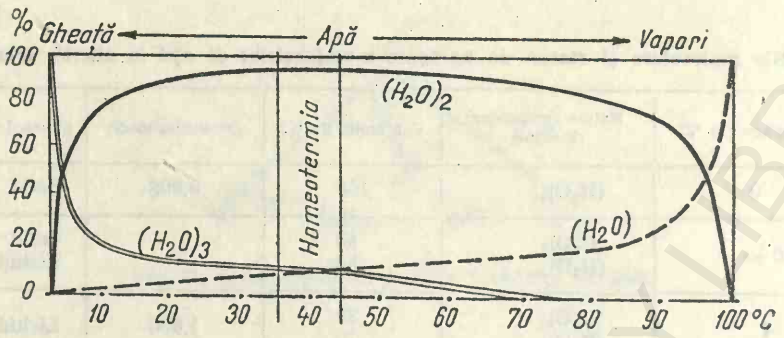


Fig. 9. Raportul procentual dintre monohidroli, dihidroli și trihidroli, în funcție de temperatură.

Dipolul de apă se poate asocia și cu alte molecule sau ioni determinînd hidratarea lor și dispersia acestor particule în apă. Prin hidratare, ionul Na^+ se asociază cu 8 dipoli, ionul K^+ cu 4 dipoli, ionul Li^- cu 15 dipoli etc. (fig. 10). Datorită aranjamentului dipolilor apei, ionii respectivi capătă un cîmp electric determinat, care poate opri (în cazul unor pori de membrană cu aceeași încărcătură electrică) sau poate favoriza (în cazul unor pori cu încărcătură contrară) trecerea ionilor hidratați prin mebrane poroase.

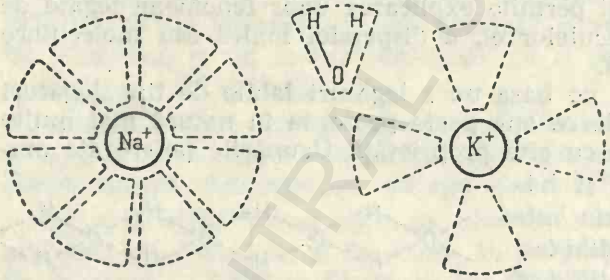


Fig. 10. Hidratarea ionilor de sodiu și potasiu.

Capitolul II

APA ÎN NATURĂ — SISTEM DISPERS

În funcție de răspîndirea căldurii la suprafața Pămîntului, apa se poate găsi în stare de gheață (trihidrol) spre poli și la mari înălțimi, în stare lichidă (dihidrol), cît și în stare gazoasă (monohidrol) în atmosferă. În realitate, apa din natură este mai degrabă un amestec de

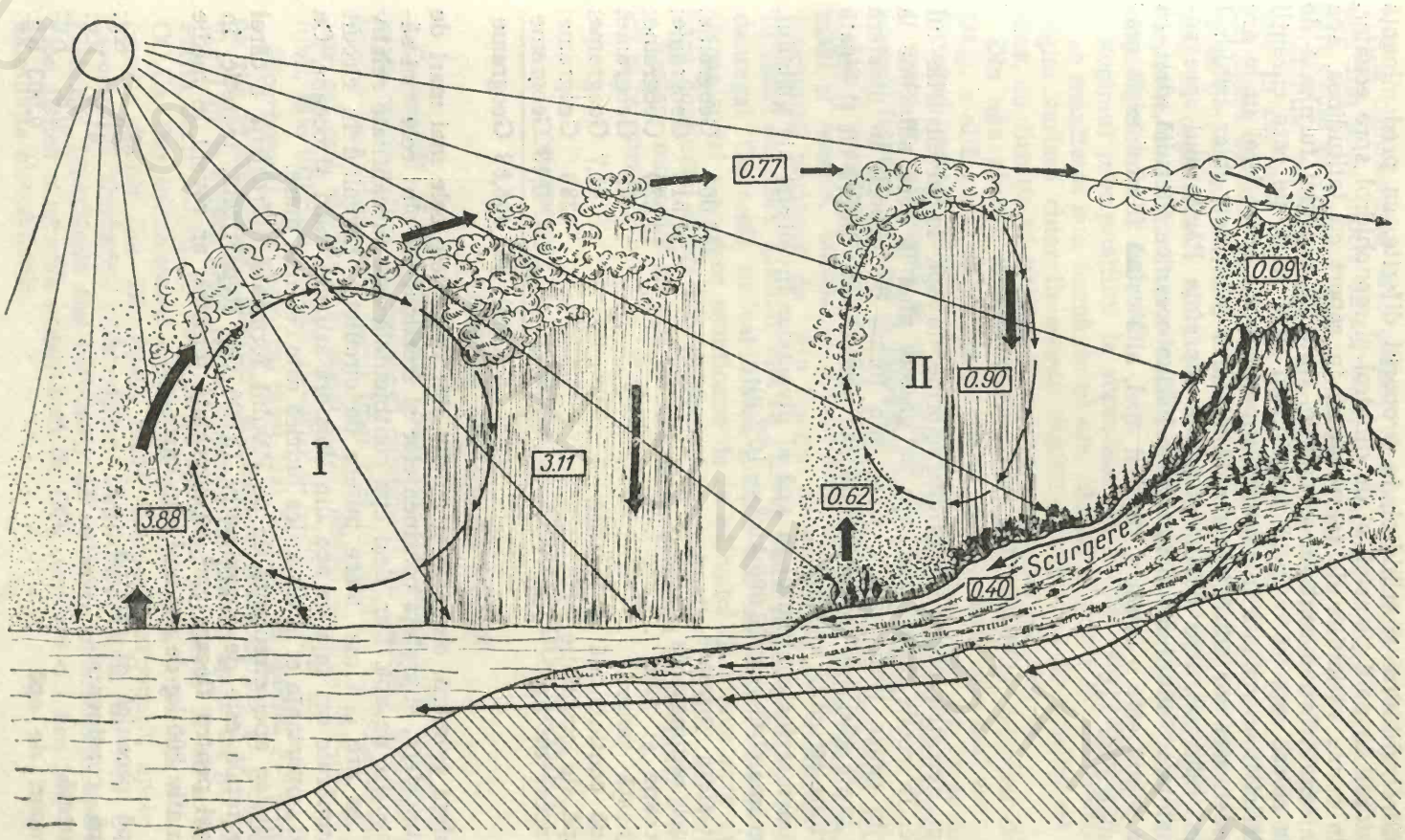


Fig. 11. Circuitul apei în natură (după Dussart, modificat):
I — circuitul oceanic; *II* — circuitul terestru (cifrele reprezintă Geograme: 1 Gg = 100 000 km³ = 10^{15} g).

monohidrol, dihidrol și trihidrol, în proporții diferite, cu predominanță de trihidroli la polii planetei, și de dihidrol și monohidrol spre ecuator. Tot din cauza variațiilor de temperatură în raport cu latitudinea, apa este antrenată într-o continuă circulație. Datorită energiei furnizată de radiația solară, apa se evaporă formînd în final norii pe care curenții atmosferici îi antrenează în păturile superioare ale atmosferei unde are loc condensarea lor adică trecerea în dihidrol (ploi) sau chiar trihidrol (grindină, zăpadă). Apa lichidă curge la suprafața Pămîntului spre zonele mai joase, adunîndu-se în marile bazine oceanice. Rezultă, deci, că energia solară este o cauză a mișcării apei, altă cauză fiind energia gravitațională (fig. 11).

CIRCUITUL APEI ÎN NATURĂ

Globul terestru conține cantități enorme de apă în învelișurile lui externe. În rocile de pe glob apa se găsește pînă la acea adîncime la care, din cauza temperaturii, trece sub formă de vapori. În litosferă apa se poate găsi sub formă lichidă sau gazoasă, atît liberă cît și legată de anumite structuri cristaline.

Redăm mai jos conținutul în apă al diverselor învelișuri ale globului, în geograme (1 Gg = 100 000 km^3 = 10^{20} g):

— litosfera primară	250 000	Geograme;
— roci sedimentare	1 812	Geograme;
— oceane și mări	13 220	Geograme;
— gheață polară	45	Geograme;
— apă continentală și freatică	41,7	Geograme;
— apă de circulație	288	Geograme;
— vapori de apă	0,13	Geograme
Total	265 406,83	Geograme

Litosfera primară, oceanele și mările sînt depozitele cele mai mari de apă. Atmosfera, suprafața continentelor și freaticul lor sînt cele mai sărace depozite de apă. Dar, deși apa continentală este în cantitate relativ puțină, ea are cea mai mare putere de circulație, revenind în circuit de nenumărate ori față de apa din litosferă sau din mări și oceane. Ca atare, și importanța ei în dinamica hidrică este cea mai mare.

Totalitatea apei circulante de pe Pămînt formează *hidrosfera*, a cărei valoare totală este de aproximativ 13 600 Gg. Repartizată, teoretic, în mod egal pentru fiecare cm^2 de suprafață terestră, ar reveni în medie aproximativ 300 kg de apă/cm^2, din care:

— apă oceanică și marină	258	Kg;
— apă continentală	41,8	Kg;
— gheață	0,87	Kg;
— vapori de apă	0,003	Kg.

Apa continentală este astăzi aproape în întregime utilizată de către om. Din acest motiv omenirea se îndreaptă acum spre apa oceanică pe care caută să o transforme în apă dulce prin desalinizare.

Căldura care provoacă transformările moleculelor complexe de apă este în cea mai mare parte de origină solară. O foarte mică parte se datorează căldurii telurice, sau căldurii rezultate din reacţiile exoterme ce se petrec în litosferă. O anumită parte a căldurii terestre este furnizată de organismele vii şi de activitatea industrială a omului. Această cantitate de căldură se adaugă la cea solară contribuind la asigurarea circuitului apei în natură.

Regimul precipitaţiilor la suprafaţa Pămîntului este extrem de inegal şi se manifestă sub formă de ploaie, zăpadă şi grindină. Cantitativ, acest regim variază chiar în aceeaşi regiune geografică în funcţie de altitudine, de direcţia vînturilor, de natura vegetaţiei terestre etc.

Din apa ajunsă la suprafaţa uscatului o parte se evaporă din nou (2%); o altă parte se scurge pe pante spre locurile cele mai joase (25%) formînd torenţi, pîraie, rîuri, fluvii, şi astfel ajunge din nou în mări; o parte se infiltrează în sol intrînd în porii acestuia sau ajungînd la pînzele freatice care ies la suprafaţă prin izvoare (50%).

Apele curgătoare nu ajung întotdeauna pe calea cea mai scurtă în mări şi oceane. Adesea se acumulează în lacuri, unde apa staţionează o anumită perioadă de timp înainte de evaporare sau infiltrare în sol. În cazul calotelor glaciale apa se află în stare solidă pe timp şi mai îndelungat. Cu toată maleabilitatea gheţei, din învelişurile de gheaţă ale Groenlandei s-au scos eşantioane de la adîncimi de cîteva sute de metri care conţineau spori din paleolitic (aproximativ 100 000 ani în urmă).

Fiecare moleculă de apă îşi are, deci, circuitul ei propriu, atît ca loc cît şi ca durată.

COMPOZIŢIA CHIMICĂ A APELOR DIN NATURĂ

ANIONII APELOR NATURALE

Carbonaţii şi bicarbonaţii. Sînt cei mai importanţi compuşi pentru apele continentale. Ei formează combinaţii cu metalele alcaline şi alcalino-teroase, dar şi cu fierul (mai ales în mîluri). Carbonatul de calciu este cel mai răspîndit în apele continentale; în mod practic, este insolubil. Mai întîlnim CO_3Mg; $(CO_3H)_2Ca$; CO_3Ca; CO_3Sr etc.

Bicarbonaţii. Sînt compuşi mult mai solubili. În special $(CO_3H)_2Ca$ joacă rol de substanţă „tampon" situîndu-se între CO_3H_2 şi CO_3Ca. Echilibrul între aceste două forme depinde de *p*H. În apele cu *p*H sub 4 nu există decît CO_3H_2, în timp ce în apele cu *p*H peste 12 nu există decît CO_3Ca. Dar solubilitatea acestor compuşi prezintă curbe caracteristice în funcţie de *p*H (fig. 12). Apele acide disociază carbonaţii, apele alcaline favorizează formarea carbonaţilor. Cantitatea totală de ioni CO_3 (acid carbonic, bicarbonat sau carbonat) dă valoarea alcalinităţii apei respective, indică o rezervă importantă de CO_2 care are o mare importanţă în asimilaţia clorofiliană.

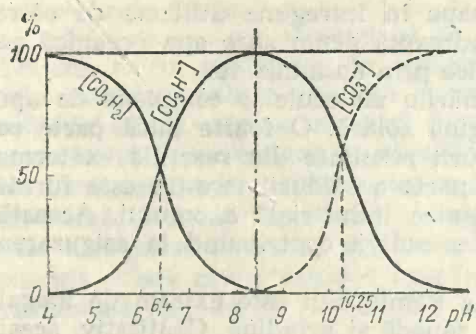


Fig. 12. Solubilitatea ionului CO_3^{--}, în raport cu de *p*H.

Între CO_2 liber și Ca^{++} din ape există un raport care depinde de *p*H. Calciul poate fi solvat sau poate fi depus după o curbă exponențială în funcție de *p*H și concentrația lui din apă. Agresivitatea sau forța ionică a mediului depinde de prezența ionilor în apă (Ca^{++}, Mg^{++}, Na^+, K^+, Fe^{++}, Cl^-, SO_4^{--}, NO_3^-, PO_4^{---}) care pot forma complexe cu CO_2 și H_2O. Apele continentale pot prezenta mari variații ale cantității de CO_2, de bicarbonați și carbonați de calciu, după valoarea *p*H-ului lor. În apele marine, se găsesc de asemenea cantități relativ mari de săruri ale acidului carbonic, acestea constituind rezerva alcalină care menține *p*H-ul relativ constant.

Fenomenele biologice modifică profund echilibrul între starea solvată și precipitată a carbonaților. Organismele eliberează și consumă bioxid de carbon. Atît timp cît între aceste procese există o egalitate, starea de echilibru a sistemului se menține neschimbată. Dacă se consumă mult bioxid de carbon atunci agresivitatea apei crește, iar dacă se produce mai mult decît se consumă se depune carbonat de calciu (fig. 13).

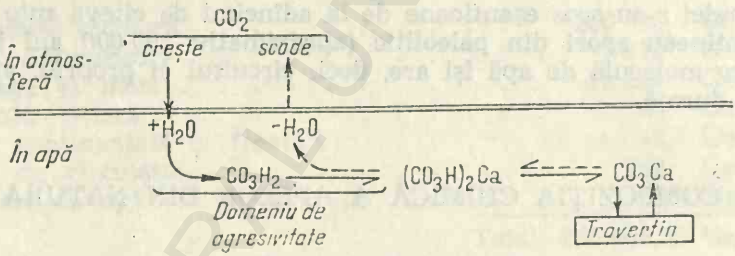


Fig. 13. Echilibrul sistemului CO_2—CO_3Ca, în apele naturale.

Halogenii. Cei mai comuni halogeni ai apelor continentale sînt: Cl, Br și I (în nămoluri). Clorurile își au originea în zăcămintele sedimentare. Fiind ușor solubile, clorurile sînt antrenate spre apele marine unde constituie principalul anion (55% din totalitatea ionilor prezenți). În apele continentale, clorurile reprezintă mai puțin de 0,5% din totalitatea anionilor. Bromul și iodul se întîlnesc mai frecvent în apele marine și oceanice.

CATIONII DIN APE

Cu excepția hidrogenului și a NH_4^+, cationii din apele naturale sînt metale, alcaline sau alcalino-feroase.

Sodiul și potasiul. Se pot găsi sub formă de cloruri, ioduri, sulfuri, sulfați, carbonați, bicarbonați etc.

În apele continentale cantitatea lor este de ordinul miligramelor la litrul de apă. Cantitativ, acești ioni pot varia în raport de structura chimică a rocilor scoarței. Organismele vii concentrează în protoplasmă mai ales potasiul, care, alături de sodiul din spațiile intercelulare, formează suportul apei în organism.

Calciul și magneziul. Reprezintă cationii cei mai importanți în apele continentale, găsindu-se sub formă de cloruri, carbonați, bicarbonați și sulfați. După anionul de care se leagă, sărurile lor prezintă grade diferite de solubilitate în ordine descrescîndă: cloruri > sulfați >carbonați. O serie de factori, între care *p*H-ul, presiunea hidrostatică etc. influențează mult solubilitatea lor. Astfel, carbonații la presiuni mai mari de 600 atmosfere se descompun, fapt ce explică conținutul foarte redus al argilelor roșii în acești compuși. În anumite condiții sărurile insolubile de calciu și magneziu se depun sub formă de *travertin*, mai ales în apele interioare.

Calciul și magneziul joacă un important rol în viața organismelor, furnizînd acestora compuși pentru construcția scheletului.

Fierul. Se găsește în ape sub formă feroasă sau ferică, adesea și sub formă coloidală legată de prezența acizilor humici. Sărurile feroase sînt mai solubile decît cele ferice. Starea feroasă sau ferică este dependentă de *p*H. Astfel, în apele acide și în prezența oxigenului sărurile feroase sînt oxidate și trec în săruri ferice care, în general, se hidrolizează trecînd în hidrat feric insolubil. De asemenea, în apele bogate în bioxid de carbon, carbonatul feros poate trece în carbonat feric. La un *p*H mai mare de 7,5 fierul se găsește aproape numai sub formă de hidrat feric, care se acumulează în hipolimnion.

Oxidarea fierului (Fe^{++}) se face cu ajutorul hidrogenului, în mediu alcalin. Se poate produce o astfel de oxidare și în mediu neutru, însă este necesar un potențial de oxidoreducere mai ridicat.

Fierul joacă un rol important în viața organismelor, fiind elementul indispensabil la formarea pigmenților respiratori, în alcătuirea hemoglobinei etc. Bacteriile îl pot oxida și depune. Se consideră că unele zăcăminte actuale de fier au rezultat în urma unor procese bacteriene. În cantități foarte mari este dăunător și depreciază calitatea apei potabile și industriale.

Manganul. Se află mai ales în combinații complexe, legat de fier (complex feromanganic) și de substanțe organice. În apele carbonatate raportul fier:mangan este de 1:5, pe cînd în cele sulfatate este de 1:1. Lacurile conțin pînă la cel mult 390 mg mangan la m^3 de apă; în nămol se depune astfel încît un m^3 de nămol conține uneori cam 400 mg mangan.

Manganul este asimilat de o serie de organisme. Mai ales plantele îl utilizează pentru sinteza de clorofilă. În cenușa algelor planctonice se găsește în proporție de pînă la 0,7%; în *Trapa natans* pînă la 1% din greutatea plantei. O concentrație mică de mangan limitează dezvoltarea algelor unicelulare *(Scenedesmus, Chlamydomonas, Zygnema)*.

Cuprul. Se găsește în medie între 10 și 100 mg la m^3 de apă și se prezintă fie sub formă ionică, fie sub formă de complex organomineral. Este necesar la formarea hemoglobinei cît și al unor diastaze (fermenți).

În concentrații mari este toxic. Sulfatul de cupru oprește fenomenul de „înflorire" a apelor. Compușii carbonici sînt insolubili și se depun la fundul bazinelor sub formă de malachit, azurit etc., perturbînd prin prezența lor viața bentonică

Siliciul. Este prezent atît în apele continentale cît și în cele oceanice, sub formă de ioni sau coloidal. Originea sa este în rocile scoarței de unde este antrenat de către apele de precipitație. Este utilizat de o serie de organisme pentru formarea scheletului lor (radiolari, foraminifere, diatomee) care, după moartea acestora, cade la fundul apei formînd depozite de siliciu.

Apele naturale mai conțin și o serie de alte elemente ca zinc, molibden, cobalt, galiu etc., asupra cărora există destul de puține date.

BIOELEMENTELE ȘI CIRCUITUL LOR ÎN NATURĂ

Sub denumirea de *bioelemente* se înțeleg sărurile de azot și fosfor asimilabile, alături de alte elemente, în procesul de producție primară a organismelor fotosintetizante.

Azotul. Se găsește în ape fie sub formă de azot molecular (solvat), fie sub forma diferitelor combinații organice sau anorganice. Azotul molecular pătrunde din atmosferă, avînd un coeficient de solubilizare destul de mare, difuzînd ușor pînă la mari adîncimi. În raport de presiunea sa parțială din atmosferă, care este relativ constantă, în ape presiunea parțială a azotului molecular este, de asemenea, destul de constantă. Azotul molecular poate rezulta și din procesele de denitrificație care se produc sub acțiunea bacteriilor denitrificatoare. Azotul molecular nu poate fi utilizat ca atare decît de către bacteriile fixatoare de azot sau de către unele *Cyanoficeae*.

După datele lui V. Wolski privitoare la metabilizarea azotului, s-a dovedit că azotul atmosferic poate fi utilizat *direct* de multe organisme animale terestre. Această constatare neîndoielnică pune probleme noi și pentru unele organisme acvatice, care, mai ales în stare de puiet și larve (cînd își formează noile structuri bogate în proteine), nu întotdeauna pot avea hrană figurată în cantitate suficientă. Nu este exclus ca în aceste stadii să poată asimila azotul molecular din ape pentru a produce compuși proteici necesari creșterii.

Azotul amoniacal rezultă din hidratarea amoniacului care, adiționînd o moleculă de apă, formează hidroxidul de amoniu (NH_4OH). Amoniacul rezultă în ape din dezaminarea proteinelor, fiind un produs toxic ce se elimină și de către organisme, dar sub forme mai puțin toxice, ca: săruri amoniacale, uree, acid uric; o mare cantitate de amoniac rezultă însă în procesele bacteriene de putrefacție.

Amoniacul este prezent în mai toate apele continentale. Concentrația în amoniac indică un grad mai mare sau mai mic de poluare a apelor cu substanțe organice. Amoniacul se găsește și în zona eufotică a apelor marine, dar în cantități destul de reduse, rezultat fie din activitatea bacteriană, fie în urma activității organismelor fotosintetizante care îl elimină în mediu. Combinarea lui cu sodiul sau potasiul face posibilă prezența sărurilor de amoniu.

Azotiții sînt produși intermediari de oxidare a amoniacului de către bacteriile nitrificante, sau de reducere a azotaților tot prin procese bacteriene. Schematic, procesele se petrec astfel:

a) proteine $\xrightarrow[\text{anaerobe}]{\text{bacterii}} NH_3$ (fermentație); $2NH_3 + 3^1/_2O_2 \xrightarrow[\text{aerobe}]{\text{bacterii}} 2NO_2^- +$ $+ 3H_2O$ (oxidare);

b) $NO_3^- + H_2 \xrightarrow[\text{anaerobe}]{\text{bacterii}} NO_2 + H_2O$ (reducere).

Azotiții apar în mediu atunci cînd potențialul redox are valori cuprinse între 0,40 și 0,45 V. Fiind compuși instabili azotiții se oxidează sau se reduc dînd naștere fie la azotați, fie la amoniac. Au mare putere oxidativă, atacînd metalele și betoanele.

Azotații sînt sărurile de azot utilizate de către organismele fotosintetizante, pentru sinteza de proteine vegetale. Se obțin din oxidarea nitriților ($NO_2^- + 1/2\ O_2 \longrightarrow NO^-_3 + 12\ 000$ cal.) sau direct din azot molecular prin acțiunea radiațiilor ultraviolete și a descărcărilor atmosferice (în medie 5 kg azotați/ha anual din N atmosferic). Bacteriile fixatoare de azot îmbogățesc mediul în azotați. Întregul lanț de procese bacteriene prin care se obțin azotați poartă numele de *nitrificație*. Tot printr-un astfel de proces, dar în care substratul inițial îl constituie materia organică ce conține azot, se pot produce azotați. În ape azotul parcurge un adevărat circuit, fiind utilizat și redat sub formă anorganică prin participarea bacteriilor *nitrificante* și *denitrificante*. Bacteriile nitrificante îmbogățesc mediul acvatic în azotați, pe cînd cele denitrificante îl sărăcesc în acești compuși indispensabili ciclului biologic al apelor (fig. 14, *A*). Un anumit echilibru între procesele de *nitrificație* și de *denitrificație* a fost evidențiat. Ambele procese asigurînd un oarecare echilibru între procesele de sinteză și de descompunere care au loc în bazinele acvatice.

Azotul organic din ape este cuprins în structura tuturor organismelor vii sau nevii din apă. În ape și nămoluri sînt prezente materii organice fie sub formă de cadavre, fie sub formă coloidală, fie sub formă de molecule (aminoacizi). Organismele excretă, de asemenea, o serie de compuși ce conțin azot. În apele continentale au fost puse în evidență concentrații de pînă la 14 mg aminoacizi la m^3 apă. Au fost evidențiate, de asemenea, polipeptide, uree, hidroxilamină, acid uric și alți produși cu azot proveniți din descompunerea proteinelor și a nucleoproteinelor.

Apele naturale se îmbogățesc în azot mai ales pe seama azotului eliberat după moartea organismelor ce populează un anumit bazin. De asemenea, detritusul organic de la suprafața Pămîntului contribuie la creșterea rezervelor de azot din ape. Bacteriile constituie factorul cel mai important care participă la eliberarea azotului organic sub forme asimilabile (nitriți, nitrați) pentru plantele fotosintetizante. Curenții pe verticală și mișcarea în general a apei din bazine contribuie la dispersarea în mediu a compușilor cu azot.

Fosforul. Este un alt bioelement important, prezent în apele naturale sub *formă organică*, legat de anumiți radicali sau substanțe complexe, sau sub *formă solubilă*, ca săruri diferite ale acidului fosforic mai ales cu metalele alcaline. Cu adîncimea bazinelor crește și concentrația în

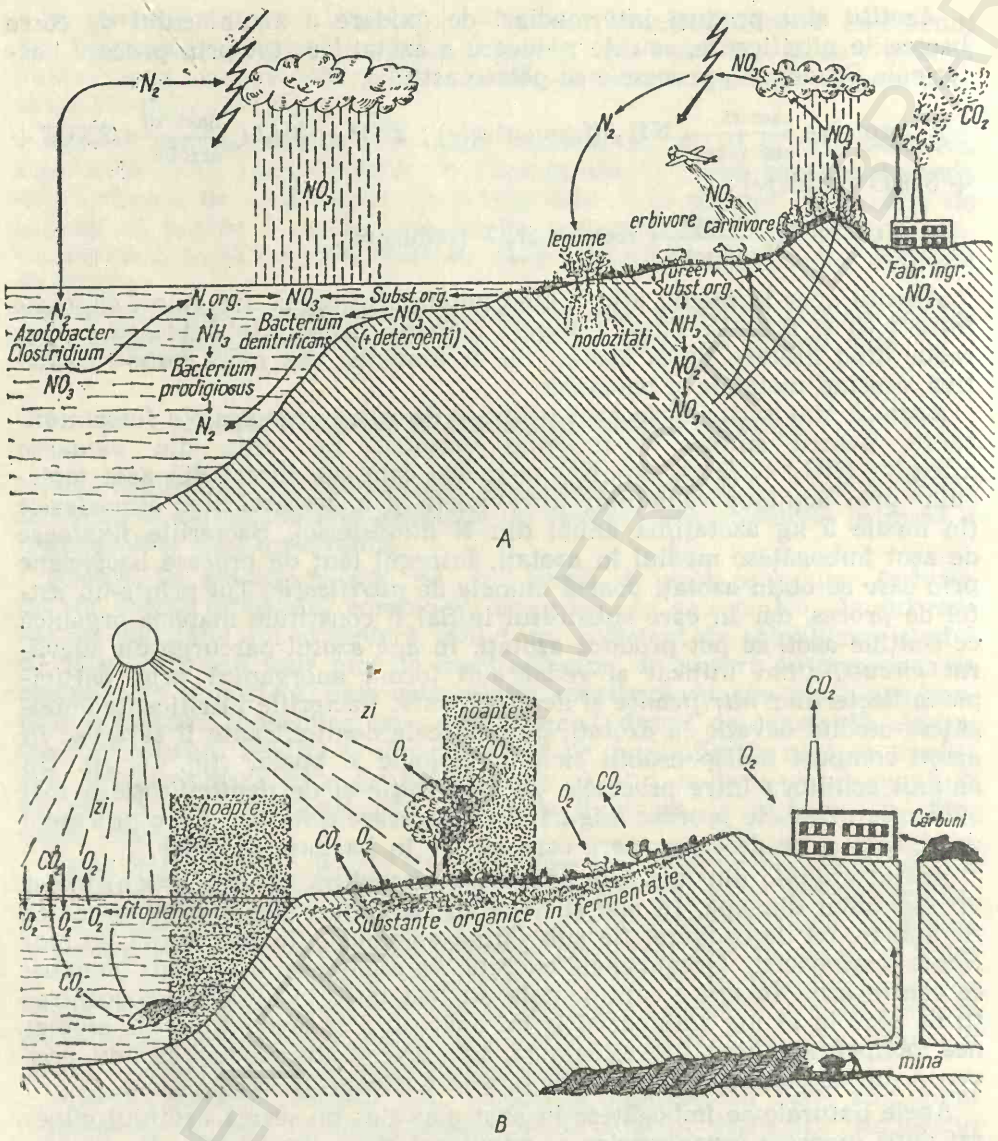


Fig. 14.

A — circuitul azotului în natură; *B* — circuitul oxigenului și al bioxidului de carbon în natură.

fosfați, astfel că la nivelul depozitelor subacvatice aceștia se găsesc în cantități foarte mari. Apa dizolvă o serie de compuși anorganici și din rocile terestre (apatite). Fosforul din compușii organici se eliberează fie prin descompunerea acestora imediat după moartea organismelor (plancton), fie sub acțiunea factorilor bacterieni.

În apele continentale conținutul în fosfor variază în raport cu un număr mare de factori. În apele poluate, mai ales vara, crește cantitativ,

ca urmare a intensificării activității bacteriene. Astfel, în lacul Goodenough din Columbia, situat în apropierea unor depozite de gunoaie, sau determinat pînă la 200 g fosfați la m^3 apă. În depozitele de fund ale apelor continentale și marine se găsesc cantități uriașe de fosfor.

Raportul dintre fosforul solubil și fosforul total este deosebit de variabil; cu cît valoarea acestui raport este mai mică, cu atît la dispoziția organismelor se află mai puțin fosfor. Valoarea raportului poate constitui un indice al dinamicii proceselor biologice. Fosforul fiind un element absolut indispensabil pentru organismele vii, acestea îl vehiculează într-un circuit caracteristic pentru mediul acvatic.

Fosforul joacă un rol deosebit de important în viața organismelor. Compușii organici ai fosforului —ADP și ATP — sînt principalele substanțe macroergice ale metabolismului; fosforul intră în structura scheletului, în alcătuirea acizilor nucleici etc.

Sulful. Sub formă de sulfați, sulfuri sau hidrogen sulfurat, este destul de larg răspîndit. Sulfatul este al doilea anion ca importanță în compoziția minerală a apelor interioare. Sulfații sînt în general puțin solubili și, ca atare, joacă un rol neînsemnat pentru viață. Dar sulfații pot fi utilizați de unele bacterii și transformați în H_2S sau în sulfuri solubile, care pot fi folosite de organisme pentru sinteza componenților organici ce conțin sulf. Sulfații pot juca în mediul anorganic rolul unor acceptori de hidrogen. Mai ales la suprafața de separație a nămolului de apă, bacteriile depun sulf, a cărui concentrație în general crește cu adîncimea nămolului. Dacă unei culturi de alge îi adăugăm azotați și carbonați, are loc o creștere a bioprodusului, numai în cazul cînd îi adăugăm și o cantitate mică de sulfați. Sulful poate constitui un factor limitant al vieții, în cazul cînd concentrația lui scade sub anumite limite.

GAZELE SOLVATE ÎN APELE DIN NATURĂ

La contactul dintre atmosferă și apă, în virtutea *legii lui Henry*, se produce un continuu schimb de gaze. Gazele din atmosferă trec în apă atunci cînd presiunea lor parțială din aer este mai mare decît presiunea parțială a gazului din apă. Solubilitatea gazelor în apă este însă influențată și de temperatura acesteia, cît și de coeficientul de solubilitate a gazului, conform relației:

$$C = P \times K_{t^\circ},$$

în care C este concentrația gazului din apă exprimată în mg/l, P — presiunea parțială a gazului, iar K — coeficientul de solubilitate al gazului respectiv la temperatura (t°) dată. În atmosferă există în proporții diferite azot, oxigen, hidrogen, bioxid de carbon, gaze nobile, ozon, cît și alte gaze ca: hidrogen sulfurat, metan, oxid de carbon și altele rezultate din activitatea omului și a organismelor vii. Toate acestea se dizolvă în apă în conformitate cu legea de mai sus.

Pentru hidrobiologie, importanță deosebită prezintă mai ales gazele care, într-un fel sau altul, participă la construcția și menținerea materiei vii din apele naturale CO_2, O_2, după cum cele toxice: SH_2, NH_4OH,

NH_3, care constituie o piedică în desfășurarea proceselor vitale. Saturarea apelor cu gaze este dependentă și de concentrația moleculară a substanțelor dizolvate în mediu (fig. 14, *B*). Astfel, apele marine conțin la aceeași temperatură și presiune parțială mai puține gaze dizolvate decît apele dulci. Marile întinderi de apă joacă rolul unor „tampoane" care evită variațiile de presiune parțială a gazelor din atmosferă, contribuind, astfel, la menținerea unei constante în alcătuirea acesteia.

Uniformizarea amestecului de gaze din atmosferă se face prin curenții de aer, pe cînd uniformizarea concentrației de gaze din ape se realizează prin curenții de ape (verticali și orizontali). Dacă nu ar exista agitația apelor, gazele pătrunse în acestea ar difuza extrem de încet, astfel că zonele mai adînci ar fi în permanență lipsite de oxigen.

ELEMENTELE RADIOACTIVE DIN APELE NATURALE

În multe roci se găsesc în mod normal elemente radioactive. Apele care le spală pot antrena prin solvare asemenea elemente; din acest motiv radioactivitatea apelor naturale depinde de constituția în astfel de elemente a substratului prin care ele trec, a zonei geografice în care ele se găsesc. Rocile granitice sînt mai bogate în elemente radioactive decît cele bazaltice. Radioactivitatea izvoarelor este, deci, variabilă.

În apele naturale, cele mai frecvente elemente radioactive sînt: uraniul, toriul, radiul, carbonul, potasiul și stronțiul. Cel mai frecvent întîlnit în apele continentale este potasiul iar în cele marine stronțiul. Carbonul radioactiv (^{14}C) provine din acțiunea radiațiilor cosmice asupra N atmosferic, de unde este antrenat prin precipitații. Orice organism vegetal conține într-o anumită proporție acest element radioactiv, cu o perioadă de înjumătățire de aproximativ 5 000 ani. Datorită acestui fapt se poate determina vîrsta unor fragmente de organisme fosile.

PROPRIETĂȚI CE REZULTĂ DIN SOLVAREA DIFERITELOR SUBSTANȚE ÎN APELE DIN NATURĂ

Duritatea unei ape este măsurată prin cantitatea totală de Ca și Mg pe care o conține sub formă de carbonați, iar duritatea *temporară* de cantitatea de bicarbonați. Suma celor două valori formează duritatea *totală*.

Duritatea unei ape se exprimă în grade. Un *grad de duritate* este egal cu 10 mg oxid de calciu la litru. Apele care au între 2 și 8 grade duritate poartă denumirea de „ape moi". Cele care au între 8 și 12 grade sînt „moderate", între 12 și 25 „dure" iar peste 25 grade sînt ape din categoria celor „foarte dure". Prin fierbere compușii carbonici se depun pe pereții vaselor dînd piatra de cazan, care, fiind rău conducătoare de căldură, micșorează randamentul instalațiilor. O apă foarte

dură nu este bună nici pentru cazan, nici pentru scopuri casnice sau amenajări piscicole. Apele alcaline au, în general, un grad mare de duritate.

Reacția ionică (*p*H-ul). În apele din natură *p*H-ul variază destul de puțin în jurul valorii neutre. Intervenția omului prin deversarea unor produși rezultați din procesele de producție (acizi, alcaloizi) poate provoca variații puternice ale *p*H-ului, ceea ce este deosebit de periculos pentru organisme. În unele ape naturale *p*H-ul poate scădea pînă la 4, cum este cazul turbăriilor, unde se acumulează acizi humici, iar în alte ape *p*H-ul poate crește pînă la 9 și chiar la 10 datorită asimilației clorofiliene care este urmată de scăderea CO_2 din apă.

În apele continentale, în general lipsite de săruri minerale, prezența vegetalelor (micro- și macrofite) determină variații destul de mari ale *p*H-ului diurn, pe cînd în apele salmastre și marine, unde se găsesc multe săruri cu rol de tampon (bicarbonați, fosfați), valoarea *p*H-ului rămîne constantă tot timpul zilei.

Organismele vii posedă o serie de substanțe tampon prin care pot neutraliza variațiile *p*H-ului extern, în cazul cînd valorile de *p*H depășesc anumite limite, care depind în mod obișnuit de gradul de tamponare al mediului (E. P o r a).

Valoarea *p*H-ului apelor din natură este un factor important nu numai pentru viață ci și pentru durata de exploatare a instalațiilor subacvatice, deoarece un *p*H acid atacă materialele de construcții.

Aciditatea unei soluții este dată de cantitatea de H^+ liber și se numește *actuală* sau *reală*, măsurîndu-se prin valoarea *p*H-ului. Aciditatea *totală* sau de *titrare* este dată de totalitatea radicalilor acizi, liberi sau legați, și se evidențiază prin neutralizare cu NaOH n/10.

Alcalinitatea actuală și *totală* măsoară cantitatea de OH^- liber sau legat și se măsoară cu ajutorul unei soluții de ClH n/10. Alcalinitatea se datorează mai ales sărurilor de calciu.

Totalitatea sărurilor alcaline dintr-o apă formează ceea ce se numește *rezerva alcalină*. Datorită rezervei alcaline din apă sau din lichidele interne ale organismelor, variația *p*H-ului din mediul intern sau extern se menține în limite constante.

Potențialul de oxidoreducere (*r*H). Este o măsură a echilibrului între procesele de oxidare sau de reducere, dintr-un mediu lichid. Intensitatea acestor procese este importantă mai ales la limita de separație a apei de mîl.

Oxidare înseamnă combinarea oxigenului cu un element, dar poate însemna și pierdere de hidrogen de pe un substrat și, deci, o îmbogățire a acestuia în oxigen. Tot oxidare este și creșterea valenței, sau pierderea de electroni. Oxidanții sînt în general elecronegativi (F^-, Cl^-, O^{--}, B^-, I^-, S^{--}), pe cînd reducătorii sînt electropozitivi (K^+, Na^+, Ca^{++}, Mg^{++} etc.).

În timpul unui proces de oxidare are loc și o reducere, deoarece sistemul care se oxidează este reducătorul sistemului care se reduce, iar sistemul redus, este oxidantul sistemului oxidat.

$$A^{+3} + B^{-2} \rightarrow A^{+1} + B^0 \begin{cases} \nearrow A^{+3} + 2e^- \rightarrow A^{+1} \\ \searrow B^{-2} + 2e^- \rightarrow B^0 \end{cases}$$

În această reacție sistemul B^{-2} cedează 2 electroni (e^-) pe care îi acceptă sistemul A^{+3}. Sistemul B^{-2} pierzînd 2 electroni se oxidează acționînd și ca reducător al sistemului A^{+3}, căruia îi transmite electronii. Sistemul A^{+3} luînd 2 electroni se reduce, dar în același timp îl oxidează pe B^{-2} de la care primește cei doi electroni.

Reacții între oxidant și oxidant sau între reducător și reducător sînt rare. Mai frecvent sînt reacțiile între un sistem oxidant sau reducător și o substanță indiferentă: *oxidant A+sistem indiferent B' → corp indiferent A'+oxidant B'*.

O exprimare cantitativă a fenomenului de oxidoreducere, sau potențialul redox al sistemului, se face prin *r*H (7—41).

Capitolul III

ORGANISMELE ACVATICE

RAPORTUL DINTRE ORGANISM ȘI MEDIUL ACVATIC

Se consideră ca *aerobionte* toate organismele care trăiesc în mediile terestre, iar în opoziție cu acestea se numesc *hidrobionte*, organismele vegetale și animale ce trăiesc în mediul acvatic. Această împărțire în cele două categorii nu este absolută. Există un mare număr de plante și animale care trăiesc sau pot trăi atît în apă cît și pe pămînt; ele se numesc *amfibionte*.

Hidrobiontele prezintă adaptări foarte bune la mediul acvatic. Ele se consideră, în general, mai vechi decît aerobiontele.

Amfibiontele pot trăi timp îndelungat în mediul aerian cu condiția ca acesta să conțină o mare umiditate. Unele alge ca *Stichococcus* trăiesc foarte bine și în apă dar și pe uscat. *Polygonum amphibium* și altele s-au adaptat la condiții aeriene de mare umiditate. Alte amfibionte își petrec o parte a vieții lor, mai ales stadiile timpurii de dezvoltare, în mediul acvatic iar stadiile mature în mediul aerian. Așa sînt criptogamele vasculare, al căror protal se dezvoltă în apă iar restul în aer. Larvele de amfibieni de asemenea se dezvoltă în apă, pe cînd unii adulți pot trăi un anumit timp și pe uscat. Aceste exemple ne arată originea acvatică a grupelor de organisme respective.

Tot ca amfibionte se pot considera și organismele care trăiesc în zona de acțiune a mareei (mediolitorale), care se află submerse sau emerse în raport de alternanța fluxului și refluxului. Această adaptare joacă un important rol în schimbul de faună și floră între ocean și uscat. În zonele de țărm ale lacurilor, ale mărilor închise, în general pe plaje, trăiește o asociație de organisme în condiții de umiditate accentuată a mediului, foarte asemănătoare cu amfibiontele ce constituie *psamonul*. Tot în categoria organismelor *semiacvatice* intră și plantele de baltă cum este stuful, care are rizomii submers iar tulpina și restul organelor vegetative și de înmulțire emers.

Aerobiontele formează, în general, o pătură destul de subțire la suprafața uscatului. Rar ele se găsesc răspîndite în interiorul scoarței și numai pînă la adîncimi de cîțiva metri. Grosimea păturii vii a uscatului nu este prea mare. Cei mai înalți copaci ating 100—150 m, iar în atmosferă permanent nu trăiește nici un organism (cele care zboară ating excepțional cîteva sute de metri).

Hidrobiontele, în schimb, ocupă toată grosimea apelor. Dacă ne gîndim că apele acoperă 71% din suprafața Pămîntului, că adîncimea medie a oceanelor este de 3 800 m și că în toată această grosime există viață, ne dăm seama că din punct de vedere cantitativ, viața acvatică, mai ales marină, este reprezentată în ansamblu de cîteva zeci de mii de ori mai mult decît întreaga viață terestră. Pești s-au găsit sub 7 000 m adîncime iar nevertebrate marine și bacterii în apele oceanice chiar la 10 000 m.

Biosfera este, deci, neegal repartizată la suprafața Pămîntului. Ea ocupă o pătură relativ subțire a uscatului și o pătură groasă în apele marine și oceanice.

În mediul acvatic, mai ales dulcicol, se pot petrece schimbări destul de bruște ale unor factori de mediu. Variațiile factorilor de mediu pot influența mediul intern al organismelor acvatice cu consecințe asupra metabolismului. Unele organisme nu pot suporta variațiile bruște ale mediului, deoarece modificările ce se produc în mediul lor intern duc la tulburări funcționale care le pot cauza moartea. Totalitatea organismelor care nu suportă variații prea bruște ale factorilor de mediu se numesc s t e n o b i o n t e. Spre deosebire de acestea, unele organisme sînt adaptate încît rezistă variațiilor în limite largi ale factorilor de mediu; ele se numesc e u r i b i o n t e. Stenobioza cît și euribioza se pot raporta la o serie de factori, astfel:

Factorul de mediu	Bioza
Temperatura	euriterme / stenoterme
Salinitatea	eurihaline / stenohaline
Rhopia	eurirhopice / stenorhopice
*p*H-ul	euriione / stenoione
Biotopul	euritope / stenotope
Presiunea	euribate / stenobate
Hrana etc.	eurifage / stenofage

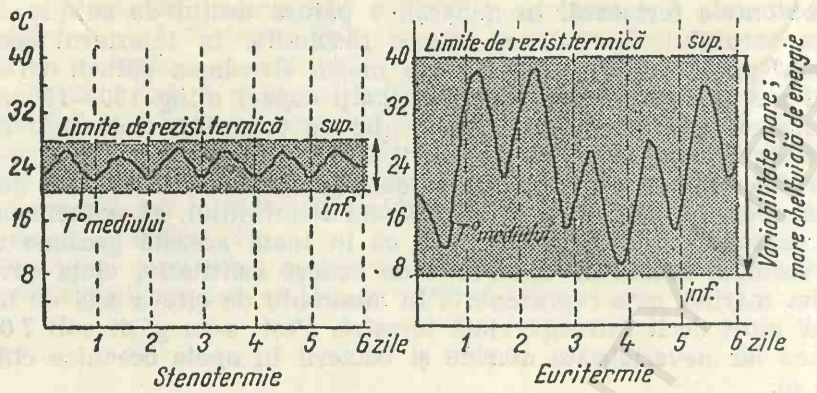


Fig. 15. Variabilitatea în stenobioză şi eurobioză.

Euribioza sau stenobioza sînt două stări de adaptare pe care organismele le pot prezenta faţă de factorii de mediu. În cazul unei constanţe de lungă durată a unui factor, organismele ajung stenobionte faţă de acesta. Starea de stenobioză este relativă şi de durată variabilă, deoarece în limite mai mari sau mai mici factorii de mediu se modifică. În mediul cu variabilitate largă a factorilor, organismele trăiesc euribiont. Euribioza presupune un efort funcţional mai mare care se realizează cu cheltuială corespunzătoare de energie şi duce la o mare variabilitate a organismelor respective, atît pe plan structural, cît şi funcţional şi informaţional. Euribioza este sursa principală de apariţie a unor noi forme de viaţă (fig. 15).

În mod normal, stenobioza poate trece în euribioză şi invers. Starea de bioză depinde de organism şi de raportul în care el se găseşte faţă de modificarea factorilor de mediu, izolaţi sau în ansamblu. Ambele stări reprezintă adaptări specifice care, din punct de vedere al evoluţiei, au valori diferite; euribioza grăbeşte evoluţia prin adaptări dinamice, stenobioza o frînează.

RAPORTUL ORGANISMELOR ACVATICE ÎNTRE ELE

Organismele acvatice trăiesc în raporturi de dependenţă unele faţă de altele. Ocupînd un anumit areal ele formează *asociaţii* care poartă denumirea de **biocenoze.** Într-un bazin acvatic, cum este lacul, indivizii diferitelor specii depind unii de alţii, nu numai ca indivizi izolaţi ci ca şi populaţii ale unei anumite biocenoze, asociaţie care are un istoric al ei, o evoluţie proprie dată de natura bazinului. Biocenoza poate fi privită în ansamblul ei, în strictă dependenţă de factorii de mediu. Totalitatea factorilor de mediu care acţionează în cuprinsul unui areal ocupat de o biocenoză este ceea ce se numeşte **biotop.** Biotopul este, deci, substratul material şi fizico-chimic în care se localizează o biocenoză. Între cei doi componenţi există influenţe reciproce. Biotopul influenţează structura biocenozei atît cantitativ cît şi calitativ, iar biocenoza ac-

ţionează la rîndul ei asupra biotopului modificîndu-l fizic sau chimic. *Biocenoza şi biotipul constituie deci o unitate dialectică.*

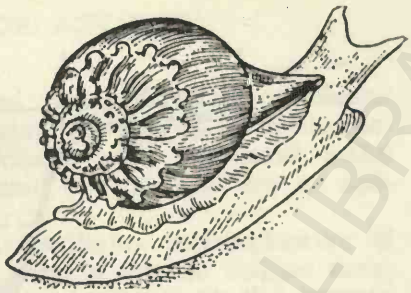


Fig. 16. *Rhapana thomasiana*

O schimbare a biocenozei se poate produce şi prin pătrunderea în aceasta a unei forme de organism venit din-afara ei şi care poate produce daune uneia sau alteia dintre populaţiile componente, cu consecinţe asupra întregii asociaţii. Un asemenea exemplu este pătrunderea în Marea Neagră a gasteropodului *Rhapana thomasiana* (fig. 16) originar din Marea Japoniei, care atacă midiile distrugînd biocenoza acestora. Midiile constituie hrana principală a acipenseridelor din Marea Neagră, astfel că prezenţa acestui răpitor provoacă perturbări mari şi în viaţa acipenseridelor. Cele mai mari modificări la nivelul asociaţiilor sînt produse însă de variaţia factorilor de mediu.

Biocenozele reprezintă unităţi de organisme vii ale bazinelor acvatice. Indivizii izolaţi sînt excepţii, dar şi aceştia se adună adesea în cîrduri (peştii) alcătuind cel puţin temporar asociaţii.

În bazinele mici de apă numărul asociaţiilor este redus; în bazinele mai mari (mări şi oceane) se întîlnesc mai multe biocenoze dispuse în biotopi distincţi. Totalitatea biocenozelor, cu totalitatea formelor de viaţă, vegetale şi animale, constituie ceea ce se numeşte **biom** (fig. 17). Se

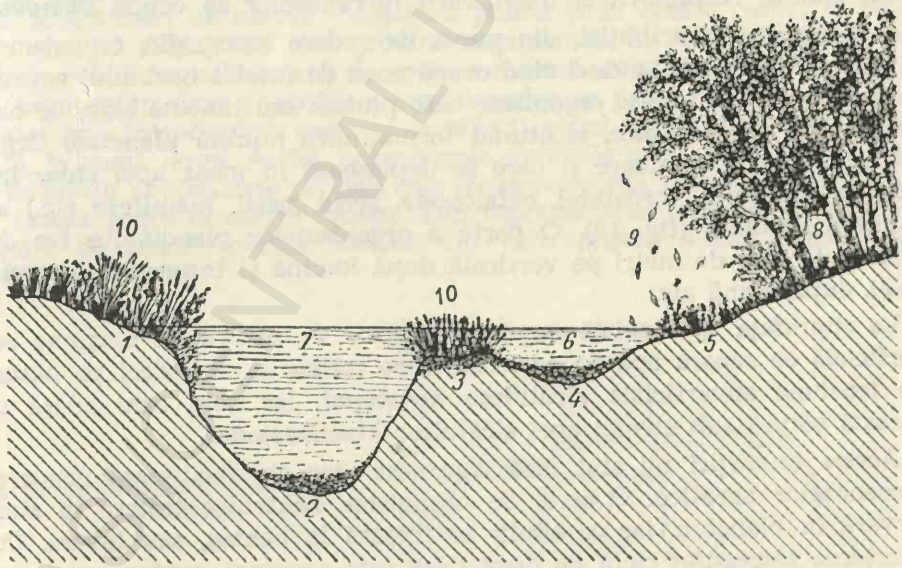


Fig. 17. Principalii biotopi ai rîului:

1 — flora dură cu rizomi; *2* — pietriş de talveg; *3* — fund fixat de plante; *4* — mîl; *5* — buruiană; *6* — ape liniştite (lenitic); *7* — curent puternic (lotic); *8* — pădure (sursă de hrană exogenă); *9* — insecte, frunze; *10* — vegetaţie acvatică (diferitele biotopuri ale unui rîu în totalitatea lor formează un biom).

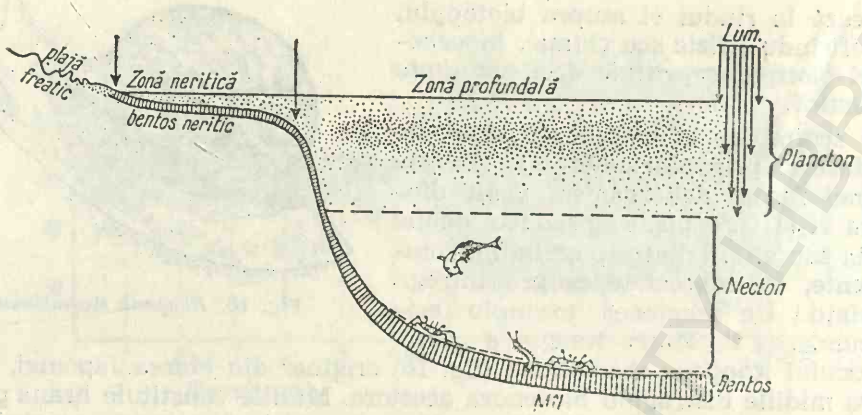


Fig. 18. Zonele topografice și principalele biocenoze ale bazinelor acvatice.

înțelege că biomul este mult mai complex decît biocenoza. El se formează într-un lung proces istoric. La nivelul biomului raporturile dintre biocenoze sînt oarecum analoge cu raporturile dintre populațiile ce alcătuiesc biocenoza. Biomul poate fi constituit din biocenoze avînd aceeași vîrstă, în care caz se numește *omogen,* iar atunci cînd vîrsta biocenozelor este diferită se numește *eterogen.* Acest din urmă caz este cel mai frecvent întîlnit în natură.

Cu studiul răspîndirii și modificării biocenozelor se ocupă *bionomia.*

Sub raportul distribuției, din punct de vedere topografic, organismele se numesc **bentonice,** atunci cînd ocupă zona de fund a bazinului acvatic. În grosimea apei trăiesc organisme care plutesc sau înnoată slab, de obicei mici și microscopice, alcătuind formațiunea numită **plancton.** Organismele bune înnotătoare și care se deplasează în masa apei chiar împotriva curentului (crustacei, cefalopode, șerpi, pești, mamifere etc.) alcătuiesc **nectonul** (fig. 18). O parte a organismelor planctonice fac deplasări de sute de metri pe verticală după lumină și întuneric *(nictemerale),* după hrană etc.

La suprafața apei există organisme legate de pătura de tensiune superficială ce separă apa de aer; cele care trăiesc la aer, deci pe pătura de tensiune superficială alcătuiesc *neustonul,* iar cele care aderă de această pătură sub nivelul apei alcătuiesc *hiponeustonul.*

Aceste împărțiri nu sînt însă riguroase, dar ele facilitează gruparea biocenozelor acvatice. O serie de organisme bentonice trăiesc în stare larvară în plancton, iar ca adulți se fixează în bentos, sau invers. Cunoașterea întregului ciclu de dezvoltare este necesară pentru precizarea locului unui organism în cadrul unei formații sau alteia.

Această împărțire a organsimelor este importantă pentru facilitarea studiului de ansamblu al biomului.

Din cauza necesității permanente a apei în desfășurarea proceselor vitale, se consideră că primele forme de viață au apărut în mediul acvatic. De aici rezultă că majoritatea formelor care populează astăzi mediul hidric sînt *primar acvatice,* în sensul că strămoșii lor au apărut și evoluat în acest mediu.

A. S. Zernov consideră că 75% din totalitatea încrengăturilor și claselor de organisme ce populează astăzi planeta sînt de origine acvatică și, din acestea, 69% marine și numai 6% dulcicole. Mediul terestru este locul de origine a 25% din încrengăturile și clasele de organisme. În ape există încrengături și clase care nu au reprezentanți în mediul terestru.

Organismele *secundar-acvatice* sînt acelea care au avut strămoși adaptați la viața terestră, dar care, ulterior, au trecut din nou la viața acvatică. Așa sînt fanerogamele acvatice, cetaceele, numeroase reptile.

Adaptarea secundară a organismelor la viața acvatică, deși provoacă o serie de fenomene de convergență, nu infirmă totuși principiul ireversibilității evoluției. În adaptarea secundară nu se revine la nivelul inferior de structură, ci se face o restructurare a unor organe apărute și dezvoltate la generațiile terestre.

Stabilirea originii și vechimea organismelor acvatice ne poate indica vechimea bazinului respectiv, și deci evoluția lui în timp.

Tot o adaptare secundară se consideră și trecerea organismelor din apele marine în apele dulci, și invers. În aceste cazuri se modifică nu atît forma organismelor cît mai ales mecanismele de reglare a funcțiilor. Prin determinări de natură fiziologică putem și în aceste cazuri să stabilim mediul inițial din care provine organismul. În apele salmastre în special, există organisme atît de origine marină cît și dulcicolă. În acest caz, originea în timp și spațiu a organismelor se poate determina în laborator prin introducerea acestora în soluții avînd concentrație salină diferită, în gamă largă. Astfel, organismele dulcicole vor rezista foarte puțin în soluții concentrate pe cînd cele de proveniență marină, din contra, vor rezista puțin în soluții diluate. Din reprezentarea curbelor de supraviețuire se poate preciza mediul din care provin aceste organisme (E. Pora) (fig. 19).

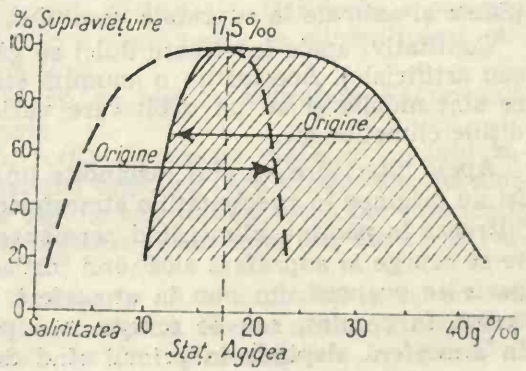


Fig. 19. Supraviețuirea în funcție de salinitate.

Partea a II-a

LIMNOLOGIA

La început *limnologia* a fost definită ramura științei care se ocupă cu studiul complex al lacurilor (de la latin. *limnei*=lac). F o r e l (1892) propune chiar termenul de „oceanografia lacurilor". Dar acest termen, reflectînd un anumit punct de vedere, care prin analogie presupunea persistența din totdeauna a lacurilor, nu a dăinuit multă vreme. S-a observat că lacul este o formațiune temporară, legată și dependentă de precipitațiile atmosferice, de pînza freatică, de rîuri, uneori chiar dacă vîrsta lui se măsoară în unități de timp geologic, așa cum este cazul lacurilor Baikal, Tanganika, Nyassa, Ohrid etc. Ca și rîul, lacul este un bazin care are o anumită durată de viață și, în general, se înmlăștinează și apoi dispare.

Lacul, apele curgătoare și pînzele freatice constituie obiectul de studiu al limnologiei. Cantitativ, aceste ape dulci, în totalitatea lor, nu reprezintă decît circa 0,2% din cele marine. Dar dacă adăugăm la acestea și așa-zisele „mări intracontinentale" (chiar dacă au ape salmastre), ca: Marea Neagră, Marea Caspică, Lacul Aral etc., atunci acest procent se ridică la 0,5% față de proporția pe care o dețin apele sărate ale mărilor și oceanelor. Suprafața totală a apelor interioare este de aproximativ 1 600 000 km², ceea ce reprezintă 1,3% din suprafața uscatului de pe glob.

Cu toate că după aceste evaluări apele interioare nu reprezintă procentual prea mult, ele au pentru om o foarte mare importanță, deoarece, pe lîngă bogăția naturală, ele ne furnizează apa potabilă, apa industrială, apa de irigații, adică apa pe care o folosesc toate plantele și animalele terestre cît și omul. Fără aceste ape interioare nu ar putea exista plante și animale la suprafața uscatului.

Cantitativ, apele interioare dulci se găsesc mai ales în lacuri (naturale sau artificiale). Acestea au o anumită stabilitate, pe cînd apele curgătoare sînt mobile și au un debit care variază mult cu locul, sezonul, condițiile climatice etc.

Apele interioare nu sînt răspîndite uniform pe suprafața uscatului. Ele își au originea în precipitațiile atmosferice. Apa de ploaie, în parte, se infiltrează în pămînt, alimentînd permanent pînzele de ape freatice, o parte se scurge la suprafață alcătuind pîrîiașe, piraie, rîuri, fluvii, iar o altă parte se evaporă din nou în atmosferă. Procentul de apă care se infiltrează în pămînt, sau se scurge la suprafața uscatului, ori se evaporă în atmosferă, depinde în primul rînd de latitudinea geografică, apoi de

viteza cu care se scurg precipitațiile pe pantele pe care cad, de natura rocilor solului etc. În condițiile țării noastre circa 20% din apele de ploaie pătrund în pământ, aproximativ 70% se scurg pe pante și circa 10% se evaporă (fig. 20).

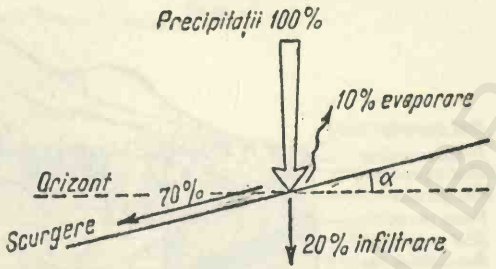


Fig. 20. Repartiția aproximativă a precipitațiilor la contactul cu solul.

Cu toate că precipitațiile atmosferice au un regim discontinuu, apele curgătoare sînt permanente la suprafața uscatului. Aceasta se datorează faptului că ele își au originea în apele freatice, adică în apele de infiltrație, care îmbibă straturile poroase ale rocilor sedimentare, alcătuind adevărate bazine de ape subterane, din care se alimentează atît lacurile cît și apele curgătoare.

Capitolul IV

APELE SUBTERANE

Prin *ape subterane* se înțeleg toate apele care umplu golurile și crăpăturile Pământului, sau îmbibă straturile subterane cu o structură mai mult sau mai puțin poroasă, care formează pînzele freatice sau care alcătuiesc scurgeri subterane de rîuri sau acumulări de ape adăpostite în goluri din scoarță și în peșteri.

Originea lor este diferită: peste 90% din ele provin din apele care se infiltrează în pământ în urma precipitațiilor atmosferice. Se disting mai multe tipuri de ape subterane.

Ape juvenile sau **magmatice.** Provin din condensarea subterană a vaporilor rezultați prin degazeificarea magmelor vulcanice. Ele au în general o temperatură ridicată, un conținut foarte bogat în săruri minerale și multe gaze dizolvate (mai ales CO_2). În regiunile vulcanice ies la suprafață constituind apele minerale și termale. Dar trebuie precizat că nu toate apele minerale sînt de tip juvenil, unele se mineralizează puternic datorită straturilor prin care trec.

Ape cosmice. Provin din meteoriți ce cad la suprafața Pământului. Cantitativ, sînt cu totul neînsemnate.

Ape de zăcămînt *(vetrice* sau *fosile).* Se găsesc mai ales însoțind zăcămintele de petrol. Ele conțin materii organice care provin din descompunerea organismelor din fostele lagune sau bazine maritime interioare, în care s-au acumulat organisme vegetale și animale, din ale căror resturi s-a format probabil petrolul.

Ape de tip vados. Provin din infiltrațiile de la suprafață și își au originea mai ales în precipitații (ploi sau zăpezi). Ele se scurg prin porii și crăpăturile scoarței îmbibînd straturile de roci nesaturate în ape. Cînd

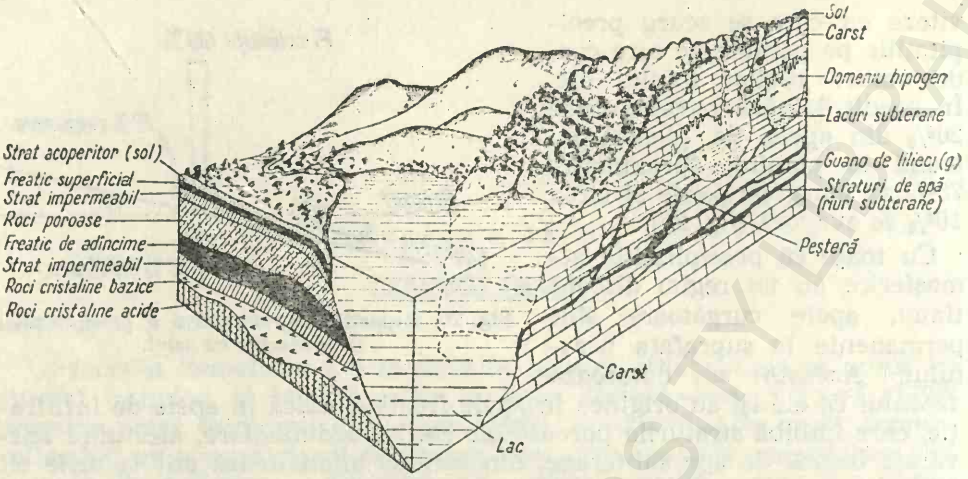


Fig. 21. Raporturile dintre bazinele acvatice de suprafață și freatic (din A t o m e s, 1961).

apa de infiltrație întîlnește o rocă impermeabilă (argilă, marne etc.) se acumulează deasupra acesteia, formînd *pînza freatică* sau *stratul acvifer*. Gradul de înclinație al pantei și forța de gravitate vor determina scurgerea apei în stratul acvifer (fig. 21). Direcția de scurgere a apei freatice poate fi diferită de aceea a apei de suprafață, după înclinarea pe care o are panta maximă în fiecare caz.

Circulația apei în pînzele freatice este destul de înceată. Ea se poate constata în cazul apei din fîntîni (fig. 22), din care se scoate mereu apă, dar nivelul ei în stratul acvifer nu scade deoarece apa scoasă este înlocuită cu alta. Moleculele de apă freatică interacționează cu substratul, dizolvînd anumite substanțe minerale solubile (anorganice sau organice) și antrenîndu-le spre locul unde ies la suprafață (izvoare).

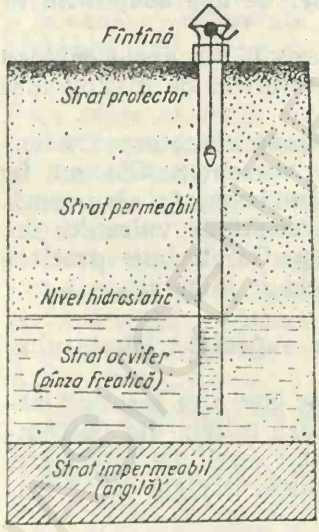


Fig. 22. Schema unei fîntîni (după M o r a r u și colab.).

Apele vadoase constituie cel mai important biotop subteran și prezintă o însemnătate științifică și pratcică covîrșitoare. Ele constituie originea tuturor izvoarelor, care la suprafață dau naștere la pîraie, rîuri, fluvii sau lacuri, deci reprezintă originea întregii rețele hidrografice de la suprafața uscatului.

Limita de pătrundere a apei în adîncuri este dată de treapta geotermică de 365°C, temperatură la care apa se disociază în elementele constitutive.

În golurile existente în scoarță: peșteri, avene, canale, apa subterană se poate aduna în lacuri sau pîraie (le întîlnim frecvent în peșteri. Apa încărcată cu $CaCO_3$, venind în contact cu aerul, o parte din CO_2 se eliberează și se

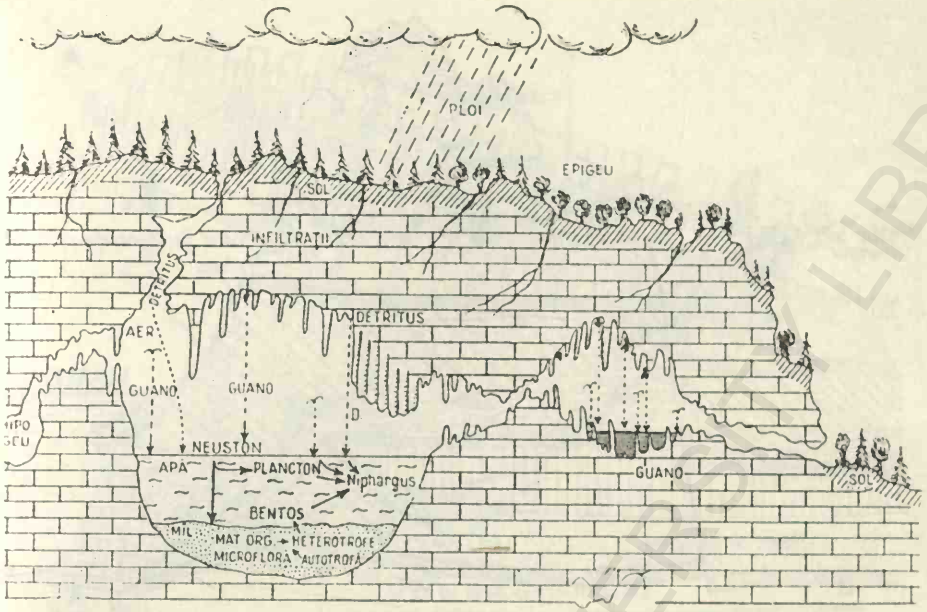


Fig. 23. Apa „golurilor" subterane (din A t o m e s, 1961).

depune carbonatul de calciu, care formează stalactitele, vălurile etc., formațiuni ce dau un aspect deosebit peșterilor (fig. 23).

Într-un același loc, pe verticală, pot exista mai multe straturi de pînze de ape freatice. Pentru a obține apă, omul se folosește de foraje pînă la cel dintîi strat (fîntîni), dar, în anumite cazuri, forajele se fac la mari adîncimi intersectînd mai multe straturi acvifere, pentru a colecta o cantitate mai mare de apă.

Pînzele freatice pot avea legături cu apele curgătoare de la suprafață, prin freaticul aluvionar care impregnează cu apă albia rîului, atunci cînd acesta vine în contact cu straturile acvifere (fig. 24). Prin astfel de legături microfauna subterană se poate amesteca cu microfauna rîului, sau invers, cît și cu microfauna unui alt rîu, care atinge aceeași pînză freatică într-un anumit loc.

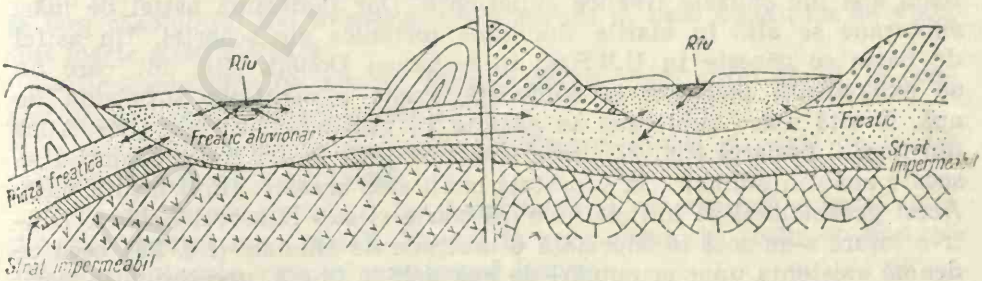


Fig. 24. Raportul dintre freaticul propriu-zis și freaticul aluvionar.

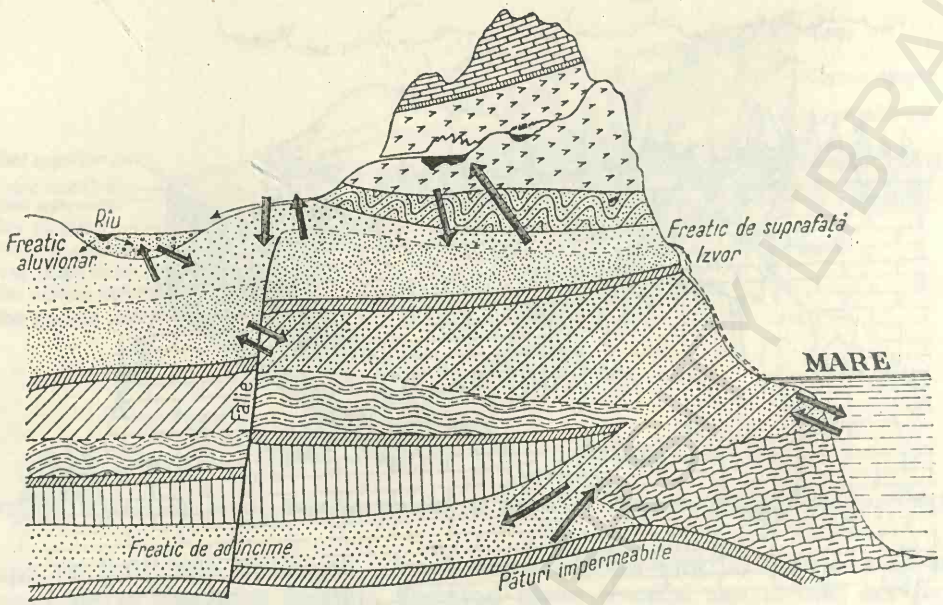


Fig. 25. Legătura dintre apele continentale și marine prin freatic.

Printr-un fenomen cu totul asemănător, organismele pînzelor freatice din interiorul uscatului pot intra în legătură cu organismele din pînzele freatice marine (fig. 25), permițînd astfel un schimb de faună subterană dulcicolă cu fauna freatică marină. Astfel de schimburi de ape subterane, și deci de faună, se pot petrece la diferite nivele de contact ale apelor subterane.

Dar în afară de pînzele freatice care alimentează izvoarele, fîntînile și apele din peșteri, se mai poate vorbi de o *apă subterană de mare adîncime*, care îmbibă straturile poroase sau chiar umple goluri din scoarță la sute și mii de metri de la suprafață. Aceste ape au o mare presiune hidrostatică și atunci cînd se forează ele țîșnesc la suprafață ca niște fîntîni arteziene puternice. Aceste ape formează acumulări uriașe și se numesc adesea „mări subterane". Uneori astfel de acumulări se găsesc sub marile deșerturi ale globului, unde la suprafață s-a evaporat toată apa din pînzele freatice superioare. Dar totdeauna astfel de mări subterane se află în marile sinclinale tectonice ale scoarței. Un astfel de bazin se găsește în U.R.S.S., în regiunea Donețk (fig. 26), care nu se exploatează deoarece la suprafață există o cantitate suficientă de apă. O altă mare subterană se găsește în geosinclinalul munților Atlas din nordul Saharei (fig. 27), care este în cîteva locuri forat pentru a se scoate apă din adîncuri, la suprafață cantitatea acesteia fiind insuficientă. Acest geosinclinal se întinde în bună parte și sub Deșertul Sahara. Într-o forare s-au scos la suprafață o mulțime de animale (fig. 28), ceea ce denotă existența unor acumulări de apă lichidă liberă, nereținută în porii rocilor de adîncime.

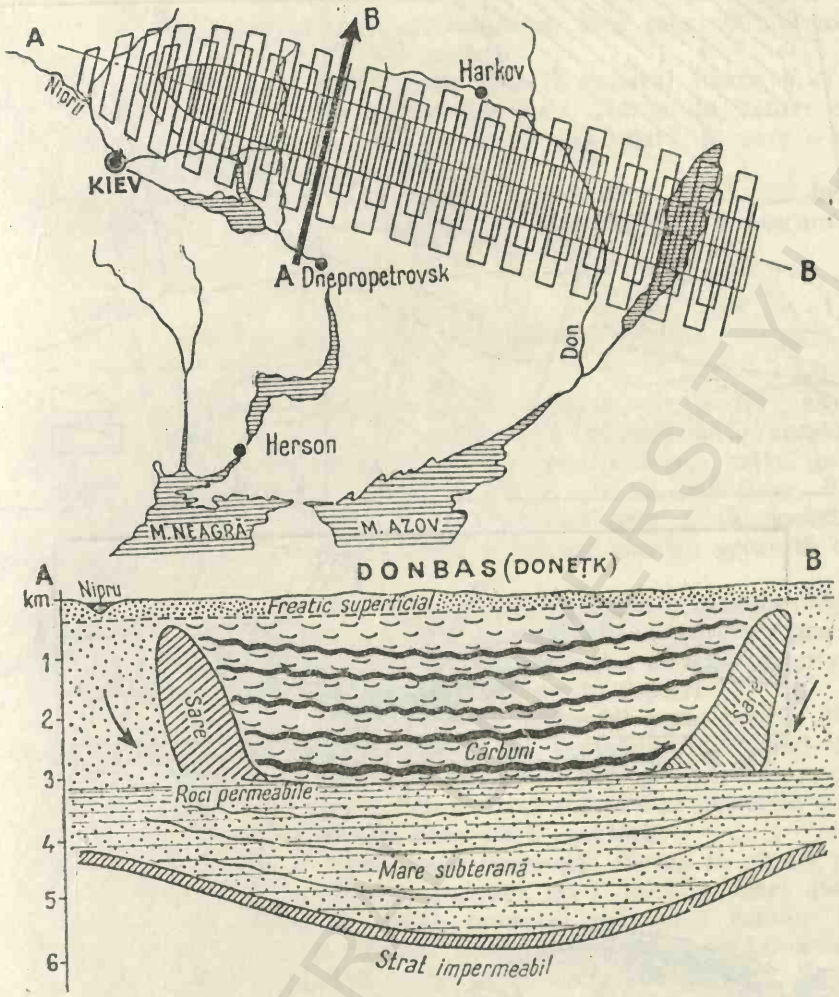


Fig. 26. „Marea subterană" din bazinul Doneţk — U.R.S.S.

Din toate aceste exemple se poate deduce că apele subterane sînt foarte larg răspîndite. Ele formează un domeniu în care condiţiile de viaţă sînt foarte asemănătoare:

— lipsă completă de lumină, deci de plante verzi autotrofe şi, în consecinţă, de hrană primară vegetală;

— temperatură foarte constantă tot timpul anului şi egală cu media termică anuală de la suprafaţă;

— hrană foarte puţină şi în majoritate de provenienţă externă (din detritus vegetal sau animal). Numai în rare cazuri se întîlnesc bacterii chimiosintetizante, care folosesc hrană locală;

— viteza de circulaţie a apei subterane este foarte înceată, de unde

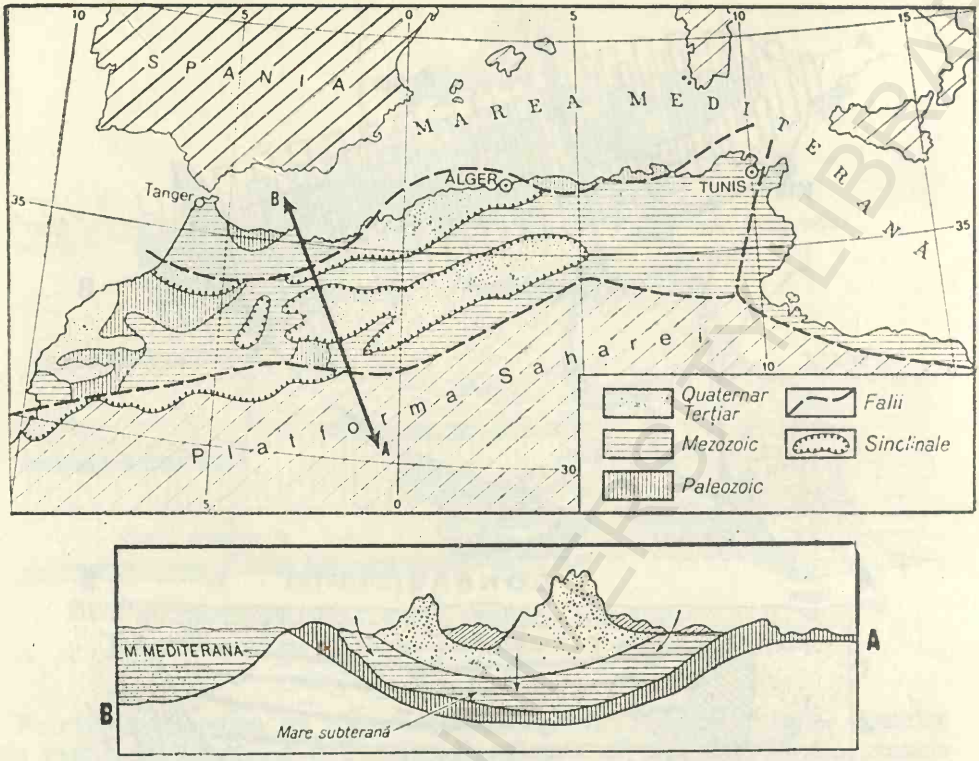


Fig. 27. „Marea subterană" din zona munților Atlas (Africa de Nord).

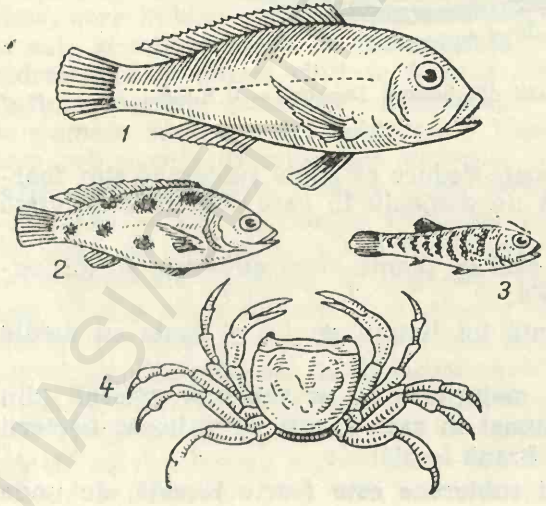


Fig. 28. Animale scoase din freatic, la Ued-Rhir (Sahara):
1 — Chromis desfontinei; 2 — Hemichromis Saharae; 3 — Cyprinodon calcaritanus; 4 — Telphusa fluviatilis.

rezultă că înlocuirea oxigenului consumat se face încet și numai prin apele de infiltrație care vin de la suprafață;

— spațiile existente în porii rocilor sînt în general foarte mici, ceea ce nu permite existența unor organisme mari. Numai în cazuri excepționale se poate vorbi de acumulări mari de apă liberă, în care s-ar putea găsi organisme de talie mai mare.

Ca urmare a acțiunii relativ constante a factorilor de mediu, influența modificatoare a mediului asupra organismelor vii subterane este foarte înceată.

CÎTEVA NOȚIUNI DE BIOSPEOLOGIE

Din cauza condițiilor de mediu relativ constante din peșteri, aici s-au putut păstra organismele aproape neschimbate din momentul intrării lor în domeniul hipogeu. Aceste organisme se caracterizează astăzi printr-o stenobioză accentuată și constituie adevărate „fosile vii" (Em. Racoviță). Pentru studiul evoluției, al adaptării la mediu, al răspîndirii geografice din vremurile vechi, cercetarea vieții din peșteri prezintă o deosebită importanță.

Grotele au fost cercetate mai întîi de către istorici și paleontologi, antropologi și chiar de unii oameni de artă, care căutau urme despre populații vechi de oameni și animale. Ei au atras atenția entomologilor asupra unor insecte cu înfățișări curioase ce se găsesc în peșteri.

Primele date științifice asupra vieții animale din grote provin din sec. XVI—XVII, cînd au fost descrise insecte din peșterile din Pirinei și Alpi. Dar nu peste mult timp au intrat în peșteri și geologii, care au luat contact direct cu rocile de adîncime. Foarte frecventate sînt peșterile de către turiști, printre care adesea se află naturaliști amatori.

La începutul sec. XX, în urma unor observații făcute în cîteva peșteri din America de Sud și din insulele Baleare, cît și pe baza unei literaturi de specialitate deja destul de largi, savantul naturalist român Emil Racoviță pune bazele *speologiei,* disciplină care își propune să studieze în primul rînd condițiile naturale și viața din peșteri. Speologia devine astfel o ramură a biologiei, iar în anul 1920 ia ființă la Cluj *Institutul de speologie,* primul din lume. Aici se redactează și apare revista „Biospeologica" (colecția) în care întemeietorul speologiei (Em. Racoviță) enunță principiile directoare ale speologiei, a căror valoare se păstrează și astăzi.

După concepția savantului român domeniul subteran (hipogeu) are o constanță relativă a factorilor de mediu, deoarece are legături slabe cu mediul epigeu, care îl poate influența. Variațiile factorilor de mediu în subteran au însă o mică amplitudine. Organismele sînt adaptate acestor condiții iar din punct de vedere numeric există destul de multe specii și indivizi. Populația subterană este alcătuită din specii de vîrste diferite. Unele forme datează din terțiar, altele din cuaternar. În raport de gradul de adaptare la mediul subteran, Em. Racoviță împarte animalele în trei mari grupe. Astfel, grupul *troglobiilor* este constituit din organisme care trăiesc permanent în subteran, nu pot ieși la suprafață deoarece nu pot rezista la acțiunea factorilor de mediu de aici, în special la lu-

mină, nefiind adaptați. *Troglofilele* trăiesc în subteran, dar pot ieși la suprafață și vieţui un oarecare timp. *Trogloxenele* sînt organisme de suprafață dar care se refugiază pentru un anumit interval de timp în subteran.

Această clasificare dată de Racoviță pentru animalele din peșteri este pe deplin valabilă și pentru cele din apele freatice. Condiţiile deosebite de mediu, care au acționat timp de milenii asupra organismelor din subteran, au determinat la acestea modificări adaptative, morfofuncționale, caracteristice. *(Planșa I).*

Lipsa de lumină. A determinat pe de o parte regresia sau chiar pierderea totală a văzului, iar pe de altă parte depigmentarea. Regresia ochilor la animalele subterane prezintă o gradaţie ce reflectă stadiul de nefolosire a acestora. Unele forme au ochii încă bine dezvoltaţi și funcționali; altele au umoarea apoasă înlocuită cu un ţesut conjunctiv, deci ochii nu mai sînt funcționali. Sînt forme la care corneea este opacă, complet asemănătoare cu tegumentul din jur, încît locul organului vizual nu se mai distinge. La unele forme organul vizual a regresat complet, împreună cu nervul optic complet atrofiat.

Aproape toate grupele de animale din subteran au reprezentanți lipsiți de vedere. Animale complet oarbe se găsesc din toate încrengăturile, astfel:

— **Hidracarieni:** *Acherontacarus, Wandesia, Mideopsis kawamuracarus;*

— **Insecte:** coleoptere din genul *Trechus* și *Aphaenops;*

— **Crustacei:** *Cambarus, Niphargus,* multe *Asselidae, Cirolana cubensis* (isopod), *Palaemonetes eigenmanni* (crevete), *Epilobocera cubanensis* (decapod). Toți acești crustacei sînt de origine marină și se găsesc numai în cîteva peșteri din zona orașului Havana (Republica Cuba);

— **Pești:** *Amblyopsis spelaeus, Lucifaga dentata, Stygicola subteranea* (ultimii doi se găsesc numai în Cuba și sînt de origine coralieră);

— **Batracieni:** *Proteus sanguineus* (peșterile din Dalmaţia).

— **Mamifere:** *Neotoma pensylvanica* (peștera Mammoth — S.U.A.).

Dar s-au găsit și animale cavernicole cu ochi absolut normali: batracianul *Spelerpes,* peștele *Chologaster agassizi,* crustaceul *Cyclops kaiserii,* insectele *Hydacna cavernicola, Limosina racovitzai* etc.

Gradul de regresiune a ochilor se prezintă diferenţiat chiar și în cadrul aceleiași specii și în aceeași grotă. Observaţii pe izopodul *Trichoniscus agassizi* din Algeria, la o analiză a 58 de indivizi, au arătat că: doi indivizi au ochii bine dezvoltaţi, 36 au numai resturi ale organului vizual, iar la 20 se constată o regresie totală; apare evident că specia este încă în curs de adaptare (Em. Racoviță). Larvele de *Proteus,* de *Amblyopsis* și de *Cambarus* au ochi funcționali, pe cînd la adult sînt complet atrofiaţi.

Aceste date arată că în cursul ontogeniei ochii pot dispare treptat: la unele specii mai devreme, la altele mai tîrziu. Faptul că o populaţie de aceeași specie poate fi surprinsă în diferite stadii de regresiune a ochilor denotă numai faptul că indivizii respectivi au vîrstă ontogenetică diferită.

Studiul regresiunii ochilor este important pentru judecarea vechimii speciei în domeniul subteran și, totodată, pentru evaluarea vîrstei filogenetice a speciei. O formă adaptată recent la aceste condiţii își va mai

păstra ochii, deși nu se folosește de ei, pe cînd o formă complet oarbă denotă o vechime mai mare în subteran.

Lipsa ochilor nu denotă o completă lipsă de sensibilitate la lumină. Organismele din grote sînt lucifuge. Perceperea luminii se face cu ajutorul tegumentului, deci se revine la forma inițială de percepere a luminii din stadii filogenetice îndepărtate. Animalele din subteran sînt depigmentate. Corpul lor are o culoară albă, lăptoasă sau sînt transparente. Cauza depigmentării rezidă tot în lipsa de lumină (animalele scoase la suprafață se repigmentează în timp scurt). Menținerea la lumină a speciei subterane *Gammarus pulex subteraneus* are drept consecință înnegrirea accentuată, încît greu se deosebește de forma de la suprafață. *Proteus* se repigmentează în prezența luminii naturale sau artificiale.

Lipsa analizorului vizual și a excitantului luminos a provocat la animalele subterane dezvoltarea exagerată a altor organe de simț, cum este cel tactil și chimic. Antenele animalelor subterane sînt foarte lungi, subțiri și fragile. Adesea lungimea antenelor depășește lungimea corpului, cum este cazul crustaceului decapod *Troglocaris Schmidti*. Sensibilitatea olfactivă este, de asemenea, bine dezvoltată la animalele cavernicole. Astfel, o bucată de brînză atrage în scurt timp un mare număr de animale.

Constanța relativă a temperaturii determină pierderea mecanismelor de termoreglare. În țara noastră media termică în subteran se situează în jurul valorii de 8°C, cu variații de ±1°C. Zonal, mai pot interveni în modificarea acesteia și factorii locali. În ghețarul de la Scărișoara, cu gheață veșnică, temperatura variază între +1 și —1°C. Temperatura apelor subterane este cu aproximativ 1°C mai scăzută decît temperatura spațiilor cu aer subpămîntene. Ca urmare, animalele subterane sînt stenoterme. Experiențele făcute pe *Crangonyx* demonstrează că animalele mor îndată ce temperatura se modifică cu cîteva grade în plus sau în minus față de valoarea mediei anuale. Stenotermia de lungă durată a dus la pierderea mecanismelor de termoreglare. Unele organisme subterane mai dispun de astfel de mecanisme. *Niphargus*, de exemplu, adesea este găsit în apele izvoarelor a căror temperatură poate fi mai ridicată decît în pînza freatică. *Troglocaris Schmidti*, ținut timp îndelungat în acvarii, a suportat variații de temperatură între 12 și 25°C...

Studiul comparat al rezistenței la variații termice a formelor din subteran ar permite obținerea unor date cu privire la vechimea lor în acest mediu, pornind de la ideea că lipsa unor mecanisme termoregulatoare denotă o adaptare mai veche la acest mediu constant din punct de vedere termic, pe cînd rezistența la variații de temperatură denotă existența mecanismelor de termoreglare și, deci, o vechime mai mică în condiții de stenotermie.

Hrana. În domeniul subteran ea își are originea, în cea mai mare parte, în substanțele organice antrenate de apă de la suprafața solului și a subsolului. Sînt antrenate, astfel mai ales substanțele ce rezultă în urma proceselor microbiologice din sol, cum ar fi: polipeptidele, aminoacizii, glucidele etc. Procesul de nutriție și procurarea hranei de către animalele din subteran sînt destul de puțin cunoscute.

În peșteri există o sursă de substanțe organice, care poate lua drumul golurilor subterane, servind apoi ca hrană organismelor de aici. Este

vorba de resturile fecale ale liliecilor — *guano* — care se acumulează în peșteri în cantități destul de mari. Guano conține mai ales substanțe fosforice. Cadavrele organismelor care mor în peșteri pot constitui o sursă de hrană mai ales pentru organismele cavernicole. Hrana exogenă pătrunde în domeniul subteran tot timpul anului, numai că există o variabilitate mare a intensității de pătrundere în funcție de intensitatea fluxului de infiltrație, de bogăția solului și subsolului în substanțe organice. Ca urmare, organismele subterane nu găsesc în permanență hrană. Această stare de lucruri a determinat o creștere a rezistenței lor la inaniție.

În mediul subteran s-a evidențiat și un proces de producere de substanță organică prin chemosinteză bacteriană (N. S. Skadovski). Mîlul unor ape subterane din peșteri conține pînă la 20% bacterii ce folosesc carbonații pentru obținerea de carbon asimilabil și energie. Azotul este luat din atmosfera subterană. Pe astfel de baze se sintetizează materie organică. Deși acest proces a fost evidențiat numai în zonele calcaroase, el constituie pentru organismele subterane inelul inițial al unor lanțuri trofice. Ca urmare a penuriei de hrană, organismele subterane consumă fie mîl cu substanțe organice *(detritivore)*, fie că se hrănesc prin osmoză *(osmivore)*. Cu totul excepțional se întîlnesc și răpitori.

Umiditatea. Spațiile subterane au un mare grad de umiditate. De aceea, multe forme acvatice pot părăsi apa, trăind un oarecare timp în golurile pline cu aer din peșteri: harpacticidul *Moraria,* izopodul *Stenasellus,* amfipodul *Niphargus;* alte forme care trăiesc în spațiile aeriene din peșteri se pot deplasa în apă unde se hrănesc: *Oniscus,* miriapode și coleoptere cavernicole.

Aerul. Oxigenul se află în cantitate mică în apele subterane. Adesea concentrația acestuia în apa freatică nu depășește 1 cm^3 la litru. Acest lucru este compensat de permeabilitatea crescută a tegumentului, foarte subțire, care înlesnește pătrunderea oxigenului și ieșirea bioxidului de carbon. Schimbul de gaze prin tegument se poate petrece și în mediul aerian, cu condiția să existe umiditate suficientă pentru a menține funcțional tegumentul.

Fig. 29. Spațiul freatic și organismele care îl populează (după Odum).

Spațiul. Organismele din mediul freatic dispun de un spațiu redus adesea la peliculele de apă care aderă la substrat (fig. 29). Organismele din mediul subteran au, în general, talie mică. Astfel, sincaridele dintre malacostracee nu depășesc 2 mm lungime, copepodele sub sînt 1 mm. Talie de dimensiuni și mai mici au multe rotifere, gastrotrichi, tardigrade nematode etc. Sînt prezentate și forme cu talie ceva mai mare cum

este *Niphargus puteanus* (30 mm), turbelariatul *Dendrocoelum infernale* (15 mm), crustaceul *Stygodytes balcanicus* (50 mm) etc. Talia este cu atît mai mare, cu cît specia respectivă are habitatul în formaţiuni subterane cu spaţii mai mari. Cu toate că temperatura scăzută a mediului ar putea favorizează creşterea taliei organismelor (ca în cazul animalelor polare), această posibilitate este anihilată de limitarea spaţială şi penuria de hrană.

Ritmul de viaţă. Acesta nu este legat de o anumită periodicitate sezonieră (ca la suprafaţă). Condiţiile de mediu fără fluctuaţii sezoniere fac ca reproducerea să aibă loc tot timpul anului, astfel că la un anumit moment se întîlnesc indivizi din aceeaşi specie aparţinînd tuturor etapelor ontogenetice.

O problemă mult discutată în biologie este aceea a **originii şi vîrstei** organismelor hipogee. Mulţi autori atribuie organismelor subterane origine din perioada glaciară. Temperatura scăzută din timpul celor trei mari glaciaţiuni, a făcut ca unele forme să se refugieze în golurile subpămîntene unde, de asemenea, era o temperatură scăzută, iar după retragerea gheţarilor ele au rămas în acest domeniu. Această teorie este combătută de alţi autori care consideră că animalele din subteran au populat acest mediu înainte de glaciaţiuni, acestea aducînd chiar daune populaţiei hipogee. Răspîndirea generală a acestor organisme în multe ape freatice ale globului se poate explica admiţînd faptul că mediul subteran a fost populat din cele mai îndepărtate ere geologice (aceleaşi specii în Europa şi în Australia). Peşteri au existat şi înaintea glaciaţiunilor şi acestea au fost populate de o faună cavernicolă.

Organismele actuale hipogee sînt forme relicte ale căror caracteristici se aseamănă cu cele ale unor organisme care au trăit în terţiar. În domeniul subteran s-au conservat, deci, caracterele formelor animale din erele geologice anterioare. Printre formele actuale unele ca syncaridele (*Bathynella* şi *Parabathynella*), adevărate fosile vii, se consideră că au pătruns în mediul subteran încă în secundar, menţinîndu-se relativ neschimbate.

Evoluţie. Trebuie, totuşi, ţinut seama că şi factorii de mediu din subteran sînt supuşi unor schimbări lente. Ca urmare, şi fauna subpămînteană este supusă procesului de continuă adaptare la condiţiile schimbate ale mediului. În mediul subteran însă, procesul evolutiv este mai lent faţă de domeniul epigeu. Sub raport evolutiv se constată următoarele:

— *domeniul epigeu* se caracterizează prin: variaţii rapide ale factorilor de mediu şi o evoluţie relativ rapidă a organismelor;

— *domeniul hipogeu* are variaţii foarte lente ale factorilor de mediu şi, ca atare, o evoluţie de asemenea lentă a vieţuitoarelor; aici există numeroase forme relicte. Ca urmare, în domeniul hipogeu găsim astăzi forme de animale care se găsesc la stadiul evolutiv corespunzător preglaciarului sau chiar erei terţiare. În domeniul hipogeu organismele înregistrează o întîrziere filogenetică faţă de evoluţia celor de la suprafaţă. Aceste fapte sînt de mare însemnătate pentru studiul evoluţiei fiziologice şi biochimice a formelor. În fauna cavernicolă se întîlnesc reprezentanţi ai aproape tuturor grupelor de nevertebrate. La o primă privire ei nu se deosebesc de rudele lor de la suprafaţă; numai studii mai pro-

funde de anatomie și de ecologie ne permit să constatăm la aceștia o structură mai primitivă și un grad de funcționare mai redus.

Unele forme hipogee sînt de origine marină: anelidul *Troglochaetus beranecki*, cunoscut și la noi, nematodul *Desmoscolex aquedulcis*, polichetul *Marifugia aquatica;* malacostraceii: *Troglomysis vetrenicensis*, specii de *Spelacomysis;* izopodele: *Monolistra, Microlistra, Calcosphaeroma, Typhlocirolana, Sphaeromides, Janirella persilla, Microparasellus*, peștii de origine coraliană în peșterile din Cuba. Cercetările au evidențiat înrudirea sau chiar identitatea între unele forme de la noi cu cele care trăiesc la suprafață în zona ecuatorială. Hidroacarianul *Axonopsis* de la noi din apele freatice este prezent în apele curgătoare din Africa și insulele Sonde; *Frontipodopsis* din peșterile noastre se găsește în apele de suprafață din Guineea; *Kawamuracarus* din grotele alpine are specii înrudite în Japonia etc. Astfel de forme reprezintă relicte terțiare, care, în acea epocă, au trăit probabil și în regiunile noastre în apele de suprafață. Odată cu răcirea climei s-au refugiat în subteran, unde variațiile de temperatură fiind mai mici s-au putut păstra pînă în zilele noastre.

FREATICUL ALUVIONAR

Din pînza freatică profundă situată la adîncimi de peste 1 000 m în regiunea Ued Rir din Sahara, s-au scos la suprafață organisme de talie mare, ca pești și crabi asemănători cu formele de la suprafață (v. fig. 28). Acest fapt denotă că în adîncuri există goluri pline cu apă în care aceste animale pot trăi și se pot înmulți. Ele au provenit din forme de suprafață.

În apropierea albiei minore a rîurilor se poate distinge, la adîncimi variabile în subsol, *freaticul aluvionar* (fig. 30), care este un mediu populat.

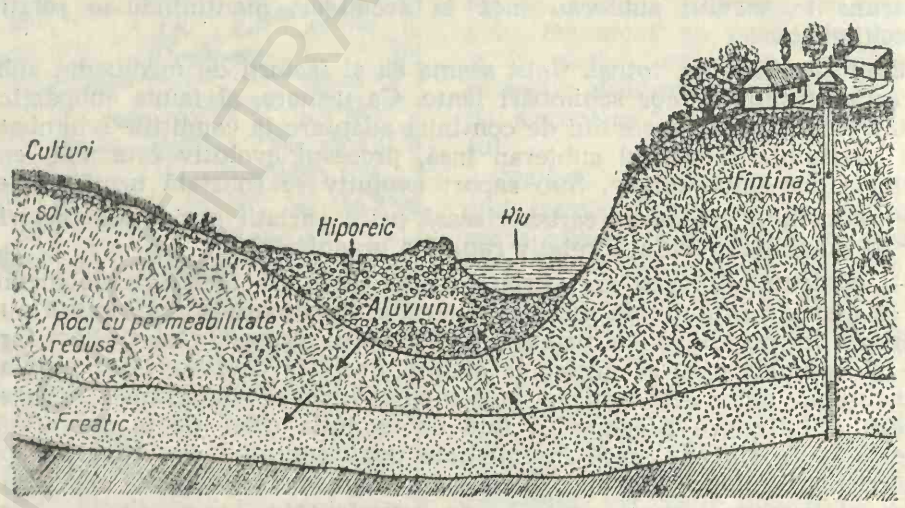


Fig. 30. Freaticul aluvionar.

Existența organismelor în acest freatic a fost evidențiată de către P. A. Chappuis (colaborator al lui Em. Racoviță). Efectuînd o groapă de 1 m adîncime în lunca Someșului Mic și filtrînd apa adunată, a obținut în cîteva minute un număr mare de organisme de talie mică, aparținînd la diverse grupe de nevertebrate. S-au determinat o serie de genuri de oligochete, nematode și larve de insecte. T. Orghidan denumește acest mediu *biotop hiporeic*, care se caracterizează prin prezența unei faune de talie mică și numeroasă (tab. 2). Condițiile de viață din mediul hiporeic sînt mult mai constante decît cele din rîul care îi dă naștere. Ele se aseamănă cu cele din freaticul propriu-zis. Prin intermediul acestui biotop, între fauna freaticului propriu-zis și fauna cursului de apă se stabilește o legătură continuă și un schimb de organisme. Organele de înot ale vieţuitoarelor care trec din rîu în freatic se transformă, treptat, în organe de săpat sau de fixare, iar organismele care părăsesc freaticul își vor forma, cu timpul, organe de înot.

Tabelul 2

Grupele sistematice și unele specii recoltate din freaticul aluvionar

Grupa sistematică	Număr de specii	Specii capturate
Amphypodae	3	*Nyphargus effusus, N. korosiensis, N. kochianus*
Isopodae	2	*Stygasellus phreaticus, Microcharon achaerontis*
Syncaridae	1	*Batthynella chappuisi*
Copepodae	13	*Acanthocyclops kieferi, A. vemalis*
Ostracodae	4	*Candona candida, C. pratensis, Candona challuisi*
Hidracarieni	17	*Stygomonia latipus, Lethayona cavifrons*

Rezultă, deci, că deși domeniul apelor subterane pare la prima vedere un biotop destul de unitar, populat cu forme bine adaptate la acest mediu, totuși nu este un mediu neschimbabil și mai ales formele de organisme ce îl populează nu rămîn veșnic aceleași. Posibilitățile de legătură dintre apele subterane și cele de suprafață fac să existe în permanență un schimb faunistic.

Capitolul V

IZVOARELE

Intersecția unui strat acvifer cu suprafața dă naștere unei surse de apă cunoscută sub denumirea de *izvor*. Izvoarele constituie sursa primordială a apelor de suprafață, curgătoare și stătătoare. Apa de izvor posedă caracteristici fizico-chimice care o apropie foarte mult de apa subterană.

Apa multor izvoare are un conținut gazos diferit de cel al apelor de suprafață. Ea este mai săracă în oxigen dar, în schimb, conține mult CO_2 sub formă de bicarbonat. Ieșind la suprafață, presiunea parțială a gazului din apă fiind mai mare acesta se degajă în atmosferă, iar bicarbonații, după ce elimină o moleculă de CO_2, se tranformă în carbonați, conform relației:

$$(CO_3H)_2Ca \longrightarrow CO_3Ca + CO_2 + H_2O$$

Carbonatul de calciu se depune sub formă de *travertin* pe frunzele plantelor sau pe obiectele din apa unui izvor bogat în bicarbonați. Acest fenomen este mai frecvent în cazul izvoarelor din zonele carstice. Contactul cu atmosfera produce imediat modificări și în ceea ce privește conținutul în oxigen. Apa de izvor avînd o temperatură relativ coborîtă, mai ales vara și în raport cu apele de la suprafață, se saturează rapid în oxigen, gaz care în aer are o presiune parțială mai crescută decît în apă.

Temperatura apei de izvor este de obicei egală cu cea a apei subterane din acest loc; deci în regiunile noastre temperatura apei izvoarelor obișnuite este de 8°C. De remarcat faptul că valoarea termică a apei de izvor nu se schimbă mult în funcție de sezon, astfel că iarna în general, izvorul nu îngheață. Din cauza aceasta, în izvoare se aglomerează iarna o serie de organisme stenoterme, care populează de obicei în restul sezoanelor pîrîul ce ia naștere din izvorul respectiv (broaște, tritoni etc.).

Reacția ionică a apei este de obicei neutră dar se alcalinizează destul de rapid din cauza pierderii de CO_2, cît și datorită plantelor care, în procesul de asimilație, utilizează bioxidul de carbon.

Criteriile după care se clasifică izvoarele sînt numeroase. Geografii le clasifică după temperatură, situarea geografică și conținutul în săruri minerale.

În hidrobiologie se are în vedere mai ales forța cu care apa țîșnește din pămînt, curentul de apă jucînd un rol important în stabilitatea și compoziția biocenozelor. Se disting, din acest punct de vedere, trei tipuri de izvoare și anume:

Izvoarele limnocrene (fig. 31). Au aspectul unor bazine mici în care apa iese de jos în sus sau lateral. Fundul bazinului este căptușit cu mîl sau nisip. Excesul de apă se scurge, formînd un pîrîiaș care, în general, este invadat de vegetație higrofilă. Acest tip de izvor se întîlnește mai frecvent la baza teraselor rîurilor. Curentul de apă este destul de slab, ceea ce permite ca în bazin să trăiască animale care nu pot înota contra curentului puternic de apă. În jurul lor, și chiar în bazin, se află o floră abundentă care constituie o sursă bogată de hrană, ceea ce și face ca izvoarele limnocrene să fie populate de numeroase animale, unele chiar de origine hipogee, cum este, de exemplu, *Niphargus* sp. Izvoarele limnocrene prezintă un biotop cu hrană proprie (fig. 32).

Lista animalelor din izvoarele limnocrene este destul de numeroasă *(Planșa II)*. Unele din ele se găsesc numai în apele izvoarelor *(crenobii)*, altele pot să găsească și în afara lor *(crenofile)*, iar altele intră numai accidental în izvoare *(crenoxene)*. Plantele din jur sau din apă sînt, de asemenea, numeroase.

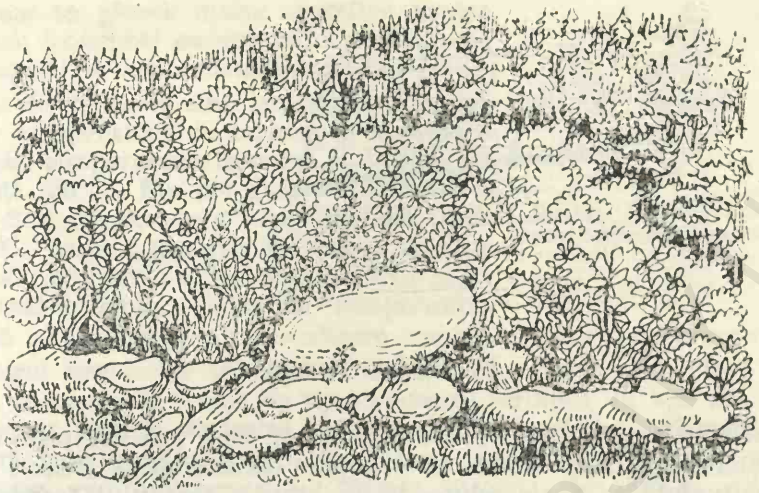


Fig. 31. Izvor limnocren.

Izvoarele reocrene (fig. 33). Sînt caracteristice regiunilor calcaroase sau în lungul faliilor bogate în precipitații. Au un caracter tumultos, apa țîșnind cu putere din stîncă sau de sub pietrele solului. De obicei au un bazin în care se adună apa. Debitul mare și viteza de curgere crescută le face proprii pentru a fi captate și utilizate în scopuri practice, pentru alimentarea unor localități sau stațiuni de odihnă cu apă potabilă. Apa este curată și rece. Vegetația proprie lipsește, dar se pot localiza unele plante hidrofile de ramurile cărora se prind unele animale epifite ca melci, larve de insecte ș.a. Fauna este de asemenea săracă, alcătuită din planarii *(Dugesia, Polycelis)*, crustacei *(Gammarus)*, gasteropode mici *(Ancylus)*, larve de tricoptere *(Agapeus, Hydropsyche, (Ryacophyla)*. În unele izvoare reocrene păstrăvul indigen își depune ouăle, dacă condițiile sînt favorabile.

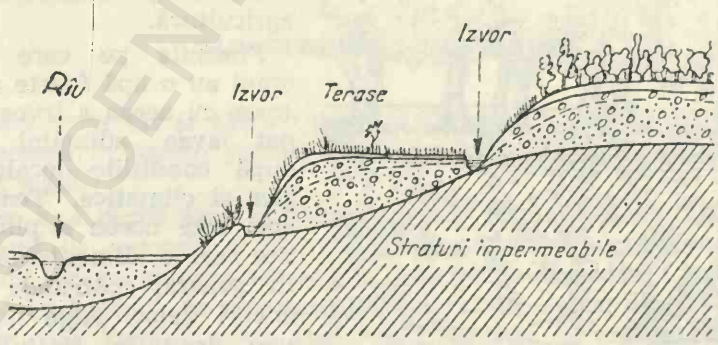


Fig. 32. Localizarea izvoarelor limnocrene (după M o r a r u și colab.).

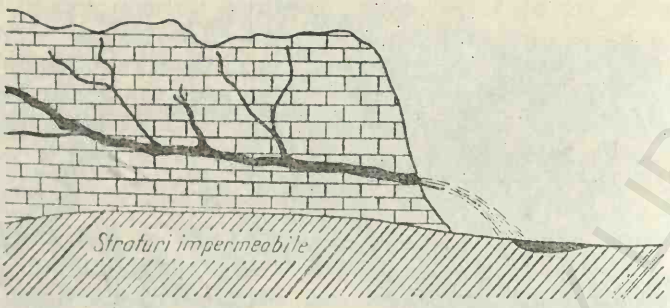


Fig. 33. Izvor reocren.

Izvoarele helocrene (fig. 34). Sînt acelea în care apa musteşte din sol, dînd naştere unor zone umede cu vegetaţie caracteristică. Uneori apa ieşită la suprafaţă se poate aduna în scobiturile terenului formînd bălţi din care se prelinge un pîrîiaş. De cele mai multe ori însă, cantitatea de apă ce iese din izvor este mică, se evaporă mai ales în lunile de vară, cînd izvorul poate seca, iar solul se usucă. Vegetaţia izvoarelor helocrene este săracă, alcătuită din plante rezistente la uscăciune. Datorită lipsei de surse de hrană stabile, şi fauna este săracă. Detritusul alochton constituie o oarecare rezervă de hrană. Biotopul este cu totul dependent de surse alimentare externe şi, de aceea, este sărac.

Izvoarele reprezintă locul de întîlnire a faunei subterane cu cea de suprafaţă. Din acest motiv ele au o importanţă deosebită, deoarece pot constitui calea prin care se populează domeniul subteran; de asemenea, tot prin intermediul izvorului fauna din freatic poate ieşi la suprafaţă.

Din punct de vedere al diversităţii, fauna izvorului aparţine la diverse grupe sistematice. Izvoarele din Cîmpia Română au fost studiate de către C. M o t a ş şi colab., care au întocmit o monografie a acestora. Un studiu mai detaliat al lor se impune astăzi, cu atît mai mult cu cît apa izvoarelor poate fi impurificată cu o serie de produşi utilizaţi în combaterea dăunătorilor din agricultură.

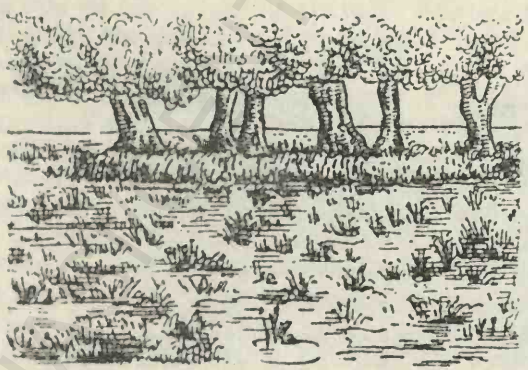


Fig. 34. Izvor helocren (mlaştină).

Fîntînile pe care le sapă omul au o apă foarte asemănătoare cu aceea a izvoarelor. Ele pot avea adîncimi diferite, după condiţiile locale, geologice şi climatice. Temperatura apei este aceea a pînzei freatice care o alimentează; lumina în general pătrunde slab şi uneori deloc. Alge nu se găsesc decît în fîntînile puţin adînci, în care lumina permite asimilaţia clorofiliană. Dintre

organisme se găsesc multe specifice apelor subterane (copepozi caracteristici zonei freatice respective, alți crustacei, planarii etc.).

Izvoarele termale sînt considerate acelea a căror temperatură la ieșirea la suprafață depășește temperatura maximă a apelor de suprafață (30°C). Ele pot fi și *mezotermale*, atunci cînd temperatura este cuprinsă între 20—30°C. La noi în țară asemenea izvoare sînt mai frecvente la Herculane (70°C) și în zona Oradea. Atunci cînd la temperatura crescută se adaugă și o mineralizare crescută, avem ape *termo-minerale*.

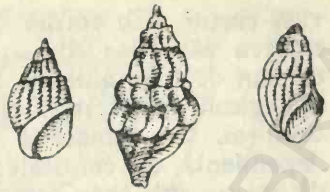


Fig. 35. *Melanopsis pareyssi* (mărime naturală), de la Băile „1 Mai" — Oradea.

În jurul izvoarelor termale se instalează o faună și o floră caracteristică, ce cuprinde forme de tip stenoterm termofil. În apa din imediata apropiere a locului de ieșire a apei se întîlnesc forme adaptate la temperaturi relativ crescute. Aceste forme aparțin la diverse grupe de organisme, ca: protozoare — *Nasula elegans* (50—52°C); moluște — *Melanopsis parreyssi* și *M. hungarica* (Băile 1 Mai, Oradea); crustacei — *Cypris balnearia* (45°C) (Algeria); insecte (8 specii) — *Hydrobius orbicularis* (50°C); amfibii (3 specii) — *Rana aesculenta* (35°C) (Corsica); pești (7 specii) — *Scardinius racovitzai* (28—40°C) (Peștea). La condiții deosebite de temperatură sînt adaptate și unele plante. Astfel, în izvoarele de la Herculane trăiește alga albastră *Aphanizomenon floss aque*, care suportă temperaturi pînă la 70°C, iar la Băile 1 Mai se găsește nufărul de Nil — *Nymphaea lotus* v. *thermalis*, un relict terțiar (fig. 35).

Capitolul VI

APELE CURGĂTOARE

CARACTERISTICI GENERALE

Apa din izvor cît și apa de precipitație care nu se înfiltrează în sol, se deplasează în sensul pantei, adică de la o atitudine mai înaltă spre una mai joasă.

Oricare apă curgătoare se caracterizează printr-un anumit debit evaluat în m^3 pe secundă și printr-o anumită viteză de curgere. Debitul diverselor ape curgătoare variază în funcție de abundența precipitațiilor care cad în bazinul de colectare al apelor, de sezon, cît și de situarea lor geografică. Debitul poate varia și în funcție de regimul alimentației în ape. Astfel, Dunărea posedă un debit maxim în lunile aprilie-iunie (viiturile de primăvară), cînd fluviul se alimentează din apă meteo-

rică căzută sub formă de ploaie, la care se adaugă apa rezultată din topirea zăpezilor din Alpi. Desigur, în anii ploioși debitul este mai crescut decît în anii secetoși.

Regimul precipitațiilor pe suprafața Pămîntului este extrem de neuniform. Ca urmare a acestui fapt, desimea rețelei hidrografice este dependentă de cantitatea și frecvența precipitațiilor atmosferice cît și de forma sub care cad (ploaie sau zăpadă). Apele curgătoare cele mai numeroase și cu debitul cel mai bogat se întîlnesc în regiunile ecuatoriale cu multe precipitații atmosferice (de exemplu, fluviile Amazon, Congo, Mekong).

În regiunile polare apele curgătoare sînt înghețate în majoritatea anului; cantitatea de apă este redusă doar la sursa din izvoare și ea curge pe sub un strat de gheață; în regiunile continentale rar apele curgătoare înghețată, dar debitul lor poate varia mult după sursa de alimentare; în regiunile tropicale debitul este mai constant deoarece sursele de alimentare sînt și ele mai constante.

Chiar în lungul unei ape curgătoare de la noi se poate distinge un *regim montan* (analog cu cel glaciar), unul *variabil* în zona mijlocie și unul mai *constant* în zona inferioară. Din acest motiv se spune că apele curgătoare au regimuri complexe, după lungimea lor.

Curgerea apei se efectuează într-o albie. Aceasta nu are aceeași stabilitate pe toate porțiunile traseului. În unele cazuri locul de curgere se schimbă. În general, albia unei ape curgătoare are trei sectoare distincte: sectorul pîrîului, sectorul rîului, sectorul fluviului sau, în cazul unei ape mari, cursul *superior*, *mijlociu* și *inferior* (fig. 36).

Forța care determină curgerea apei este gravitația. Înclinarea pantei influențează asupra vitezei de curgere, care descrește pe măsura micșorării acesteia. Asupra vitezei de curgere influențează însă și curburile albiei, în care se creează forțe centrifuge care pot determina creșterea vitezei de curgere pe anumite porțiuni sau micșorarea acesteia pe alte porțiuni (fig. 37).

Mișcarea continuă a moleculelor de apă de la izvor pînă la vărsarea în mare este factorul cel mai important care acționează asupra organismelor și a asociațiilor de organisme ce populează acest mediu. Vi-

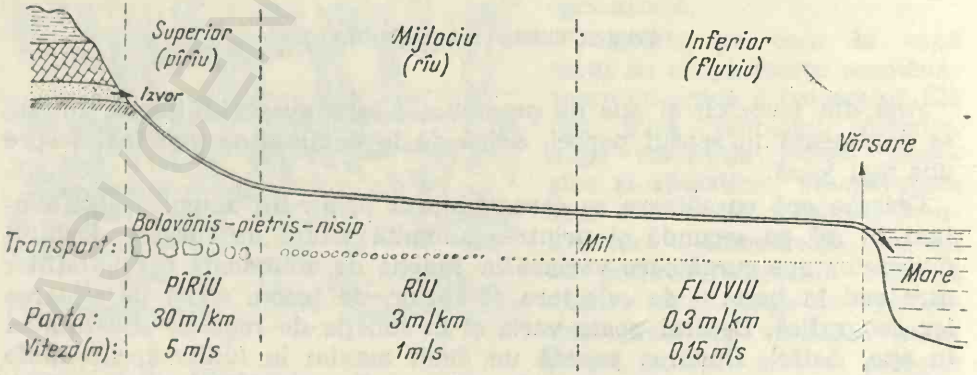


Fig. 36. Principalele sectoare ale apei curgătoare.

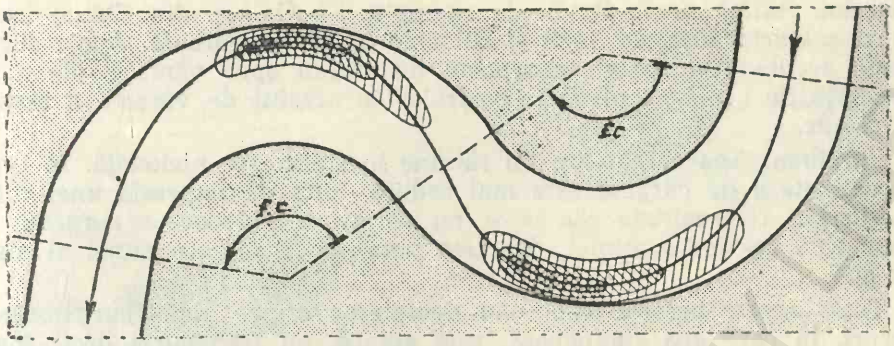


Fig. 37. Eroziunea la curburile unui curs de apă.

teza de mișcare joacă un rol important și în ceea ce privește dimensiunile materialului transportat și menținerea lui în stare de suspensie.

Condițiile de formare, regimul precipitațiilor și situarea geografică, conferă apelor curgătoare anumite particularități.

Adîncimea. Grosimea stratului de apă la apele curgătoare măsoară de la cîțiva centimetri la cîțiva metri. La vărsare unele fluvii pot avea chiar cîțiva zeci de metri adîncime. Dunărea, la Cazane, are în unele locuri peste 50 m adîncime. Această caracteristică face ca factorul presiune hidrostatică să nu intervină în distribuția organismelor potamofile.

Lățimea. Locul de curgere al apei este de obicei un canal, a cărui lățime numai în rare cazuri măsoară cîțiva km. Canalul se lărgește spre vărsare unde, la marile fluvii ca Amazonul, atinge cîteva mii de metri. La început însă lățimea apei este redusă, depinzînd de debitul sursei care îi dă naștere. Debitul apei poate schimba poziția malului astfel că în cazul revărsărilor malurile se schimbă chiar și în cursul inferior.

Curentul apei. Direcția de curgere este determinată de înclinarea pantei, cu toate că denivelările de teren obligă adesea apa curgătoare să se deplaseze sinuos, însă totdeauna spre punctul cel mai coborît al pantei. De gradul de înclinație al pantei depinde viteza de curgere, dar aceasta variază și în funcție de distanța de la mal și de la fund. În tot lungul apei de la izvor la vărsare se constată o diminuare a vitezei cauzată de îndulcirea pantei și creșterea fenomenelor de frecare (fig. 38). Curentul apei este elementul esențial care determină orientarea, mișcarea și forma organismelor din apele curgătoare.

Transportul. Molecula de apă interacționează mecanic cu substratul pe care curge. Ca urmare, apele curgătoare transportă diferite materiale, desprinse din albie sau mal, sub acțiunea forței cauzată de rostogolirea moleculelor de apă. Materialul transportat este diferit ca structură și dimensiuni și depinde de viteză, debit și acțiunea de solvare. Cu cît debitul apei și viteza de curgere sînt mai mari, cu atît și dimensiunile materialului transportat sînt mai mari (v. fig. 36). Ca urmare, în zona superioară a apelor curgătoare se transportă bolovani și pietre, albia fiind căptușită cu asemenea material grosier; în zona mijlocie a rîului se transportă mai ales nisip, iar în zona inferioară mîl fin dispersat. Desigur, materialul transportat este în funcție și de structura

malului. Astfel, unele fluvii (de exemplu, Fl. Galben din China) transportă material löessoid, încît și culoarea apei este gălbuie. Apele curgătoare erodează malul și transportă materialul spre vărsare, ele avînd tendința de a coborî nivelul izvoarelor la nivelul de vărsare a respectivei ape.

Curgerea. Apa curgătoare nu rămîne în staționare niciodată. În unele locuri viteza de curgere este mai redusă, încît dă impresia unei totale staționări. În realitate așa ceva nu se petrece, deoarece curgerea nu numai că are loc continuu, dar este prezentă în oricare punct al masei de apă.

Toate aceste caracteristici dau deosebirea dintre apele curgătoare și lacuri, în care apa staționează, este adîncă, nu transportă decît foarte puțin material provenit de la mal. Datorită acestor diferențe, flora și fauna celor două formațiuni prezintă caracteristici aparte, legate de adaptarea la cele două medii cu viteză de curgere diferită, deși sub raportul compoziției chimice se deosebesc puțin. Analiza factorilor principali care acționează în mediul lotic asupra organismelor se impune cu atît mai mult cu cît modificările sînt atît de natură morfologică cît și fiziologică.

MIȘCAREA APEI ȘI INFLUENȚA EI ASUPRA VIEȚII

Viteza de curgere a apei în lungul albiei nu este uniformă. O diferență de viteză se remarcă chiar și în diversele puncte ale planului de secțiune. În apropierea țărmului și spre fundul albiei, viteza este mai mică decît în zona centrală (fig. 38). Aceste deosebiri se datorează frecării moleculelor de apă de pereții albiei rîului. Neregularitățile fundului albiei, prezența unor bolovani, pot modifica viteza de deplasare a apei spre aval. Totuși, în cazul apelor curgătoare, nu se poate

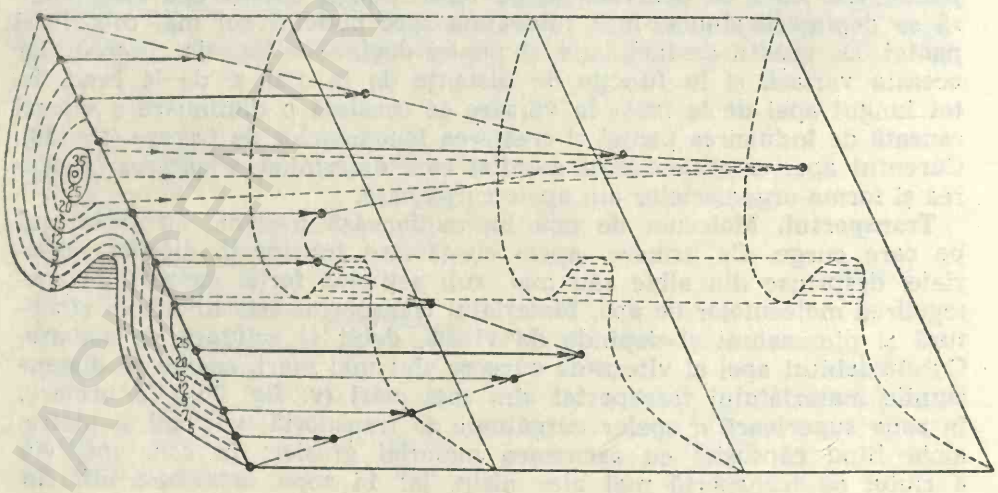


Fig. 38. Viteza apei în secțiunea unui rîu.

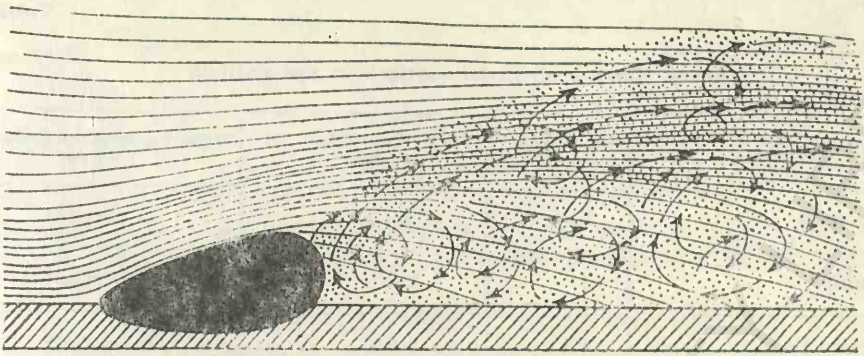


Fig. 39. Fenomenul de turbulență.

vorbi de o stratificare a apei ci de o poziție relativ diferită a moleculelor de apă în secțiune.

Biotopul în care viteza apei este mare se numește *lotic*, iar cel în care viteza este mai mică, *lenitic*. Fiecărui biotop îi corespund în lungul apei curgătoare organisme caracteristice, adaptate la acțiunea factorului determinant și anume tăria curentului, curgerea cu viteze diferite. În biotopul lotic nu se poate dezvolta plancton; aici trăiesc numai organisme bine fixate pe suport sau bune înotătoare. Planctonul ajunge în acest sector numai accidental. În biotopul lenitic, mai ales înspre maluri mai intrînde, se localizează un plancton de ape curgătoare numit *potamoplancton*. Dacă cercetăm în lungul albiei unei ape curgătoare dispunerea ca suprafață a celor doi biotopi, vom constata că de la izvor pînă la vărsare biotopul lenitic se extinde, cu atît mai mult cu cît viteza apei descrește. În zona de vărsare a marilor fluvii biotopul lenitic este preponderent.

În afara mișcării de înaintare a apei, în lungul apelor curgătoare se întîlnesc și mișcări de turbulență cauzate de lovirea apei de denivelările de pe fund sau de mal. Din cauza unor fenomene de aspirație care se formează înapoia unor astfel de denivelări, iau naștere curenți circulari de convecție care ridică de la fundul apei mîlul și particulele fine, pe care le împrăștie în masa apei. Dacă viteza de curgere este mare, tulbureala apei se resimte pe firul acesteia (fig. 39), iar dacă viteza este redusă particulele se depun și astfel procesul de limpezire are loc mai repede. Adînciturile de la mal, pline cu apă, constituie ceea ce se numește „bulboane". Aceste ape sînt favorabile pentru dezvoltarea formelor planctonice.

TRANSPARENȚA ȘI PĂTRUNDEREA LUMINII

Pe parcursul unei ape curgătoare transparența (sau *gradul de tulburare*) a acesteia variază destul de mult. În condiții normale, gradul de tulburare crește de la izvor spre vărsare. Tulburarea este cauzată de dispersia și menținerea în stare dispersată a unor particule de natură

Tabelul 3

Căderea liberă a diferitelor particule în apa distilată

Particula:	Diametrul mm	Căderea în mm/s	Timpul necesar pentru străbaterea a 100 cm
— granule	10	1 000	1 secundă
— nisip	1	100	10 secunde
— nisip fin	0,1	8	125 secunde
— nisip foarte fin	0,01	0,154	100 minute
— bacterii	0,001	0,00154	181 ore
— particule de mîl	0,0001	0,0000154	760 zile
— particule coloidale	0,00001	0,00000154	210 ani

diversă, nedizolvate în apă. Apele curgătoare sînt limpezi în porțiunea din apropierea izvorului, unde apa acționează asupra unor roci dure, mari, ale căror fragmente se sedimentează rapid. Apa în acest sector are cel mult o acțiune de rostogolire și de sfărîmare a rocilor. În condiții de precipitații apa torenților antrenează de pe versanții apropiați particule suspensoide din sol, astfel că aici apa se tulbură pentru un anumit timp. Gradul de limpezire depinde de finețea particulelor dispersate. Cu cît acestea sînt mai fine, cu atît se depun mai încet.

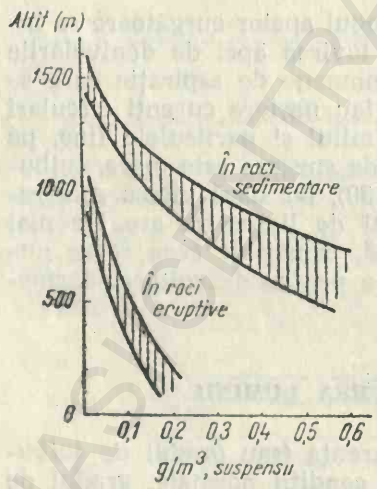


Fig. 40. Suspensiile apelor curgătoare în raport de altitudine și natura rocilor.

Tulbureala apelor este influențată și de temperatură, cu care se află în raport invers proporțional. Mai depinde, de asemenea, și de consistența rocilor peste care trece (fig. 40) care, în general, diferă cu altitudinea apei curgătoare.

Un studiu sistematic al transportului materialelor de diferite dimensiuni de către apele curgătoare nu s-a efectuat pînă în prezent la noi în țară decît parțial pentru Dunăre. Din datele privind transportul de substanțe suspensoide în rîurile Americii, rezultă că totalul transportat poate varia între 14 și 3 062 mg la litru. Valorile diferă și în raport de rîu, locul de luare a probei, de timp etc. Vara, cantitatea de substanțe transportate este

mai mare decît iarna cînd rîurile se alimentează mai ales din pînza freatică. Afluenții contribuie în largă măsură la tulburarea marilor fluvii. Astfel, rîurile Finlandei sînt limpezi, ele au o albie granitică și străbat ținuturi reci. Dunărea transportă mari cantități de substanțe suspensoide, datorită faptului că bazinul său de aprovizionare conține mai ales roci sedimentare. Depunerea materialului transportat se face mai rapid în zonele de contact al apelor dulci și sărate. De aceea, fluviile care se varsă în mări închise formează la vărsare delte.

De gradul de tulburare a apei depinde pătrunderea luminii și, deci, prezența fitoplanctonului, vederea animalelor și apărarea lor de dușmani etc.

În apele foarte limpezi și puțin adînci, lumina pătrunde pînă la fundul apei. Aceasta se întîmplă în porțiunea superioară a rîului unde și viteza de curgere este mai mare. Existența bolovanilor, a pietrelor masive în albie, face posibilă instalarea pe aceste porțiuni a unei bioderme vegetale formată din alge și mușchi, care aderă puternic de substrat. Cu creșterea adîncimii apei, viteza se micșorează datorită reducerii diferenței de nivel; suspensiile, ca urmare, se mențin un timp mai îndelungat în apă, astfel că transparența scade iar lumina pătrunde puțin, doar cîțiva centimetri. În Dunăre pătura de 25 mm de la suprafață absoarbe 95% din lumina incidentă. Ca urmare, nepătrunderea luminii limitează dezvoltarea planctonului și a vegetației bentonice care ar putea să se dezvolte bine în apele mai puțin repezi ale fluviului.

TEMPERATURA

În general, apele curgătoare se încălzesc de la izvor spre vărsare. Însă chiar într-un același loc se pot întîlni diferențe de temperatură între zona centrală a cursului și malul apei sau porțiunile mai liniștite din această zonă. În lungul unui rîu, de la izvor pînă la vărsare, se pot măsura diferențe de temperatură de pînă la 10°C sau chiar mai mari, după sezon (fig. 41). La fluvii diferențele de temperatură locală sînt mai mici, din cauza curenților de convecție care uniformizează apele și temperatura lor.

Local, temperatura unei ape curgătoare este influențată de adîncime, viteza curentului, materialul transportat, temperatura afluenților, expoziția la soare, perioada din zi și de anotimp. Stratificația termică lipsește în apele curgătoare. Temperatura și variația ei este un factor de mare însemnătate pentru metabolismul organismelor acvatice și pentru studiul ecologic al apelor curgătoare.

REACȚIA IONICĂ (pH-ul)

Concentrația în ioni de hidrogen a apelor curgătoare variază în funcție mai ales de vegetație, de natura fundului apelor, dar și de impuritățile naturale sau artificiale care se varsă în ape. Măsurătorile din diverse rîuri au evidențiat variații ale pH-ului cuprinse între 3 și 9. În regiunile nordice se produce o acidificare a mediului pe cale naturală, datorită ape-

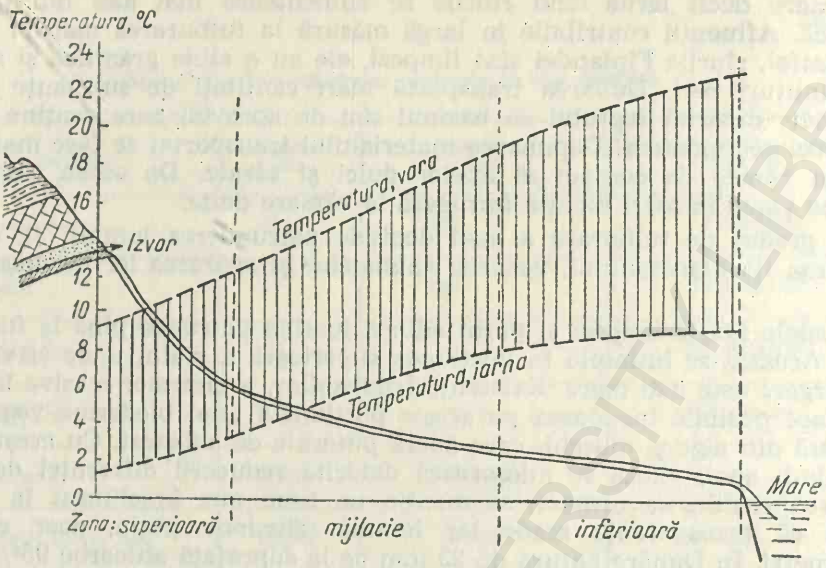


Fig. 41. Termica apelor curgătoare.

lor provenite din mlaștinile de turbă. Mișcarea continuă a apei, însă, uniformizează *p*H-ul destul de rapid, astfel că, în general, valoarea *p*H-ului oscilează între 6 și 8. Organismele vii reacționează foarte diferit la modificările de *p*H.

CONSECINȚELE BIOLOGICE ALE VARIAȚIILOR FACTORILOR DE MEDIU DIN LUNGUL UNEI APE CURGĂTOARE

Un fenomen general observat în apele curgătoare este scăderea numărului organismelor, în special a numărului de specii de animale, odată cu creșterea vitezei curentului de apă (fig. 42). Spre izvoare numărul de specii este mult mai mic decît la vărsare. Acest fenomen poate fi pus în legătură cu mai mulți factori, între care viteza de curgere este cel mai important, de aceasta depinzînd în bună parte și temperatura, debitul, oxigenarea și alte considerente fizico-chimice. Forța curentului influențează și asupra res-

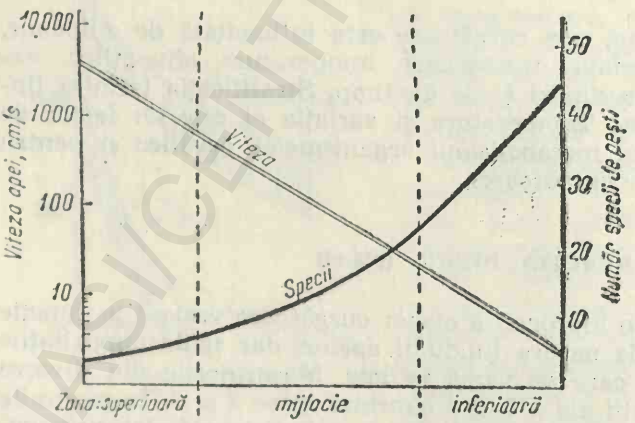


Fig. 42. Variația numărului de specii pe cursul unei ape.

piraţiei, reproducerii, cantităţii şi calităţii planctonului. Pentru a ilustra aceste consecinţe, dăm mai jos numărul de specii de peşti din Rin, de la vărsare spre izvoare. (Rezultate asemănătoare se pot obţine şi în cazul cercetării altor cursuri de apă):

— Rinul în Olanda	41 specii;
— în aval de Schaffhausen	33 specii;
— deasupra căderilor	25 specii;
— la altitudinea de 700 m	11 specii;
— la altitudinea de 1 000 m	5 specii;
— la altitudinea de 1 900 m.	3 specii.

Viteza curentului influenţează şi asupra formei corpului peştilor. Profilul transversal al acestora este cu atît mai rotund, cu cît viteza apei în care trăiesc este mai mare. Peştii care trăiesc în apele mai liniştite au corpul puternic turtit lateral (fig. 43). În cazul aspectului fusiform, apa întîmpină aceeaşi rezistenţă pe oricare parte a corpului, pe cînd în cazul formei lenticulare rezistenţa opusă pe cele două laturi este mai mare decît pe verticală, astfel că animalul poate fi antrenat de curentul de apă în lungul rîului. Această structură face ca peştii turtiţi lateral să fie înlăturaţi din apele repezi. Forma generală a corpului este determinată de tăria curentului. Calcule matematice au arătat că forma de fus este aceea care nu dă naştere la curenţi de convecţie şi permite împrăştierea uniformă a apei în spatele animalului (fig. 44). Organismele aplatisate care se prind de suport realizează, de asemenea, forma ce se opune cel mai puţin curentului. Căsuţele multor larve de insecte sînt turtite sau au forma adaptată la viteza de curgere a apei: cu cît viteza apei este mai mare, cu atît materialul folosit pentru construirea căsuţei este mai fin. Cimentarea particulelor se realizează în aşa fel încît pereţii sînt netezi în apele repezi. În apele cu viteză mai scăzută, căsuţele se construiesc din matèrial mai grosier (fig. 45).

Viteza de înot a peştilor este, de asemenea, dependentă de viteza de curgere a apei. Peştii de ape liniştite nu rezistă acţiunii curentului de apă; avînd viteza de peste 100 cm/s, animalele puse în astfel de condiţii se epuizează repede în situaţia inversă a vitezei de înot. Din acest punct de vedere peştii pot fi împărţiţi în două grupe: unii care se epuizează repede (plătica, linul, crapul, ştiuca) şi alţii care obosesc greu (păstrăvul, scobarul, cleanul, mreana). Această diferenţiere este legată de condiţiile normale de viaţă. În apele curgătoare depunerea icrelor nu se face direct în masa apei. Pentru depunere se caută

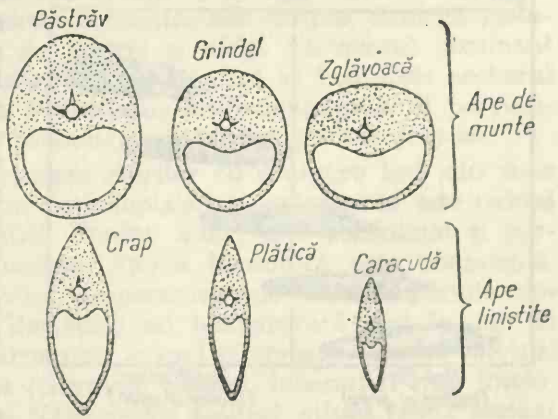


Fig. 43. Profilul transversal al unor peşti din ape cu viteze diferite.

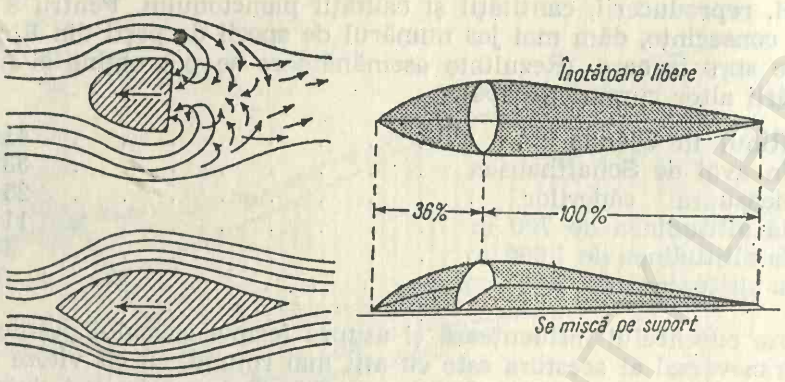


Fig. 44. Forma de fus și rezistența la curentul apei.

tufișuri de plante, obiecte de care să adere sau se depun în gropi săpate în nisip (păstrăvul indigen). Locul de depunere al icrelor depinde de rezistența pe care specia o are față de viteza apei și de oboseala ei la înot.

Distribuția speciilor de pești în lungul apelor curgătoare se face în funcție de viteza apei și de factorii ecologici pe care îi determină. Oxigenul din apă este în cantitate cu atît mai mare, cu cît viteza apei este mai mare și temperatura ei mai coborîtă. Nevoile de oxigen ale diverselor specii de pești sînt diferite. Astfel, păstrăvul și lipanul au nevoie de mai mult oxigen, preferă apele bine oxigenate, în schimb ciprinidele au nevoi mai mici de oxigen, deci pot trăi în ape mai slab oxigenate. În raport cu cerințele față de mediu, s-a constatat că pe anumite zone ale apelor curgătoare domină anumite specii de pești. În funcție de această dominanță, s-au delimitat mai multe *zone piscicole.*

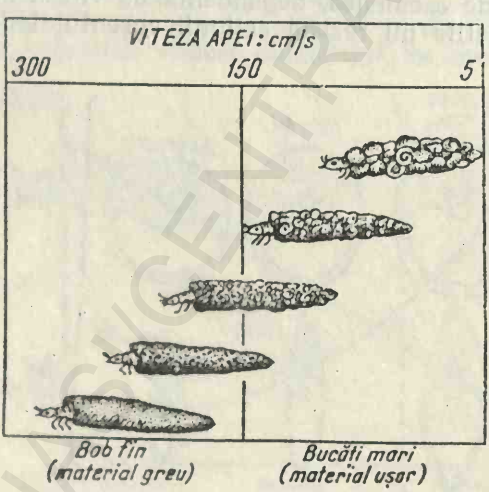


Fig. 45. Dependența dintre forma căsuței larvelor de *Goera* (trichopter) și viteza apei.

Zona păstrăvului. Cuprinde apele ce curg pe pante pronunțate, cu viteză mare, debit destul de constant, maluri neregulate și neconsolidate, albia presărată cu bolovăniș, iar din loc în loc cu nisip. Ochiuri de apă ceva mai adînci, precedate de obicei de mici cascade, constituie locuri de refugiu. Apa nu îngheață iarna, datorită vitezei mari de curgere cît și apropierii de izvor, iar vara apa se menține relativ rece și bine oxigenată. Peștii caracteristici acestor ape sînt: păstrăvul de munte *(Salmo trutta fario)*, zglăvocul *(Cottus gobio)*, boișteanul *(Phoxinus laevis)*, grindelul *(Nemachilus barbatus)*.

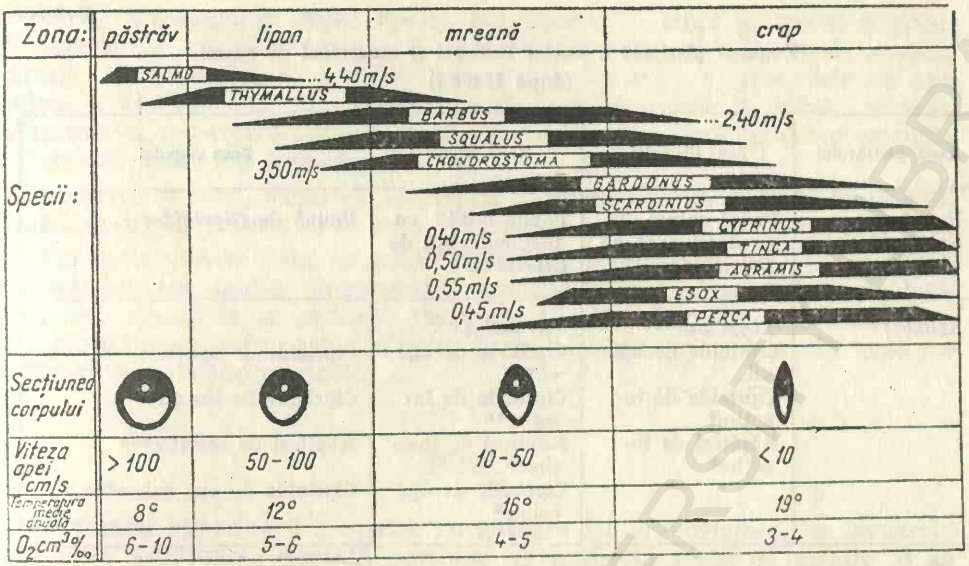


Fig. 46. Zonele piscicole ale apelor curgătoare și caracteristicile lor.

Zona lipanului. Se situează tot în regiuni de munte, numai că apele au albia mai largă, curentul mai lent, debitul mai crescut, iar fundul albiei este acoperit cu prundiș și nisip. Variațiile anuale de temperatură se situează între 5 și 10°C. Vegetația de mal este bine dezvoltată. Reprezentantul acestui sector este lipanul *(Thymallus thymallus)*, alături de care trăiește cleanul *(Squalus cephalus)* și, pe alocuri, lostrița *(Hucho hucho)* (la noi este semnalată în rîurile Bistrița-moldovenească și Iza-maramureșană, fiind pe cale de dispariție).

Zona mrenei *(moioagei)*. Începe la intrarea rîului în zona de dealuri și podiș. Fundul apei este acoperit cu mîl și nisip, apa formează coturi și meandre, iar variația termică anuală ajunge la 15°C. Oxigenul se găsește în cantitate de 4 cm^3/litru. Formele bentonice sînt puține, datorită instabilității fundului. Icrele aderă de pietriș și nisip. Elementul dominant este mreana *(Barbus meridionalis)*, alături de care se întîlnește scobarul *(Chondrostoma nasus)*, roșioara *(Scardinius erithrophtalmus)* și porcușorul *(Gobio kessleri)*, nisipariția *(Sabanejewia (Cobitis) romanica)* etc.

Zona crapului. Cuprinde porțiunea rîurilor cu scurgere lină din zona de șes. Apele sînt tulburi, conțin potamoplancton, oxigenarea este redusă și fluctuează mult în cursul zilei. Fundul albiei este consolidat și permite fixarea unor plante submerse. Fauna bentonică este abundentă. Prezența meandrelor, cu ape avînd temperatura mai ridicată, permite depunerea și eclozarea icrelor. Variațiile de temperatură sînt în jur de 20°C anual. Forma reprezentativă este crapul *(Cyprinus carpio)*. Se mai găsește în această zonă plătica *(Abramis brama)*, bibanul *(Perca fluviatilis)*, linul *(Tinca tinca)*, șalăul *(Lucioperca sandra)*, știuca *(Esox lucius)*, somnul *(Silurus* sp.) și altele (fig. 46).

Tabelul 4

Zonarea piscicolă a apelor Europei şi amestecul de specii
(după H u e t)

Zona păstrăvului	Zona lipanului	Zona mrenei	Zona crapului
Faună de *Salmonidae*	Faună mixtă, cu predominanţă de *Salmonidae*	Faună mixtă, cu predominanţă de *Ciprinidae*	Faună de *Ciprinidae*
*Salmo****	*Thymallus**** Ciprinide de ape vii Ciprinide de însoţire* Răpitori de însoţire*	*Thymallus* Ciprinide de ape vii*** Ciprinide de însoţire** Răpitori de însoţire** Ciprinide de ape calme*	Ciprinide de ape vii* Ciprinide de însoţire*** Răpitori de însoţire*** Ciprinide de ape calme***

*** predominante
** prezente
* posibile

Delimitările nu sînt absolute, existînd numeroase ape curgătoare care nu cuprind toate zonele prezentate mai sus. Unele, ca cele din Scoţia şi Caucaz, cuprind numai zona păstrăvului, iar în cazul unor ape de şes numai specii caracteristice apelor liniştite. În anumite zone geografice, lipsesc anumite specii de însoţire.

Zonarea piscicolă trebuie înţeleasă într-un sens mai larg, raportată la condiţiile speciale ale unor anumite regiuni geografice.

Tabelul 5

Viteza de înot a peştilor din apele interioare în raport de viteza apei

Lăţimea apei (m)	Viteza medie (cm/s)	Specia	Viteza de înot (cm/s):	
			ape repezi	ape domoale
Pîrîiaş: 1 m	100	*Salmo trutta m. fario*	800	440
Pîrîu: 1—2 m	70—100	*Thymallus thymallus*	600	400
Rîu mic: 2—20 m	30—70	*Chondrostoma nasus*	500	350
Rîu: 20—100 m	10—30	*Barbus fluviatilis*	260	220
Fluviu: peste 100 m	0—10	*Abramis brama*	60	50
		Cyprinus carpio	50	40
		Esox lucius	45	40

M. Huet împarte peștii apelor curgătoare în cinci grupe și anume: *1)* salmonide (păstrăv, lipan); *2)* ciprinide de ape „vii" (mreană, scobar, clean); *3)* cipirinide de însoțire (porcușor, roșioară); *4)* ciprinide de ape calme (crap, lin, plătică); *5)* răpitori de însoțire (ghiborț, biban, știucă). Dispunerea acestora în ape se face tot zonal, dar există în toate cazurile o întrepătrundere a formelor (tab. 4).

Între viteza apei, lărgimea bazinului și speciile de pești care se găsesc, există corelații determinate și de viteza de înot a peștilor (tab. 5).

Din toate aceste date se poate deduce o regulă, așa-numita *regulă a pantei:* într-un spațiu biogeografic determinat, apele curgătoare de aceeași importanță în ce privește lărgimea și adîncimea lor și avînd pante comparabile au caractere biologice asemănătoare, în special în ceea ce privește populațiile piscicole.

PÎRÎUL

Porțiunea superioară a apelor curgătoare își are originea în izvoarele din zona muntoasă. Această porțiune se numește *pîrîu de munte* și se caracterizează prin volum în general mic de apă, care are o temperatură relativ scăzută, cu variații anuale mici. Viteza de curgere este mare datorită pantei abrupte, putînd depăși 5—6 m/s. Albia are căderi, iar pe alocuri se formează cascade. Temperatura scăzută și lovirea apei de pietre face posibilă oxigenarea bună a acesteia. Firul central al apei are viteză mai mare decît porțiunile de la mal, unde apa este mai domoală datorită frecării de substrat. Această deosebire, în ceea ce privește tăria curentului, face posibilă diferențierea a două biotopuri: biotopul *lotic,* central și cel *lenitic,* lateral (fig. 47).

Populația biotopului lotic. Este formată din plante bine fixate de pietrele și bolovanii de pe acest sector. Plantele reprezentate mai ales de mușchi *(Fontinalis)* și alge filamentoase (fig. 48) formează pajiști ce poartă numele de *biodermă vegetală,* care acoperă bolovanii din albie. Cele mai multe forme vegetale sînt rheofile, deci adaptate la un curent puternic de apă. Între aceste plante se localizează o faună caracteristică, de asemenea rheofilă, fixată bine de suport cu ajutorul unor gheare sau ventuze. Biocenoza acestui biotop constituie o asociație foarte unitară, avînd cerințe mari față de oxigen și temperatură cît și adaptări specifice la curentul de apă.

Populația biotopului lotic, mai ales cea animală, a suferit adaptări morfologice adecvate condițiilor specifice, între care turtirea corpului și dezvoltarea unor anexe cu care se prind puternic de suport. Turtirea și adeziunea la suport micșorează mult forța de antrenare exercitată de curentul de apă (fig. 49). Animalele sînt, de asemenea, rheotactic pozitive, înotînd cu ușurință împotriva curentului de apă.

Hrana animalelor din biotopul lotic constă din particule de detritus antrenate de curentul apei. De exemplu, larvele de *Simulium* captează detritusul cu ajutorul unor filete gelatinoase pe care larva le secretă și le lasă pe firul apei. Cînd încărcătura este maximă, animalul consumă filetele gelatinoase cu detritus, după care secretă un alt dispozitiv pentru

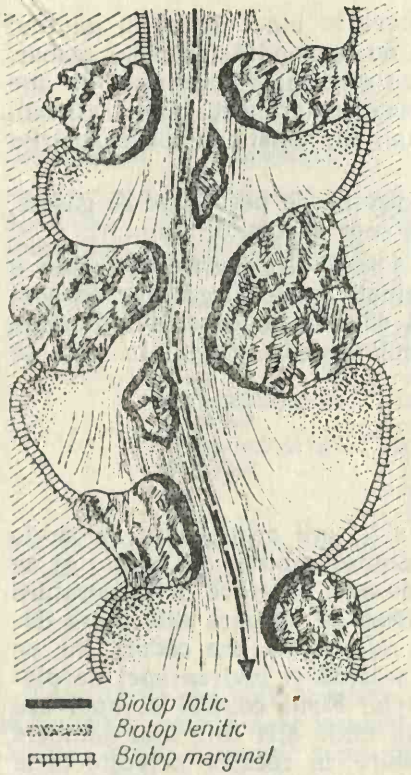
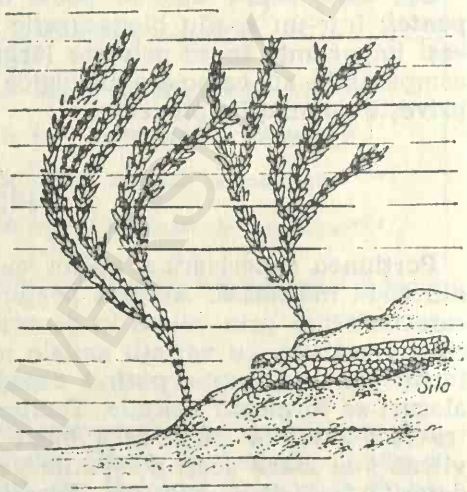


Fig. 47. Biotopii pîrîului.

Fig. 48. Mușchiul *Fontinalis*.



captarea hranei. Asemenea adaptări pentru prinderea hranei există și la alte forme torenticole.

Biotopul lenitic. Situat la adăpostul pietrelor și mai ales al stîncilor mari din apropierea malului, are apele ceva mai liniștite, iar fauna și flora mai diversificată. În unele locuri se poate instala chiar și un potamoplancton redus. Plantele sînt reprezentate de briofite, iar în apropierea malului se găsesc uneori și plante superioare de tip higrofil, ca: *Veronica* și *Callitriche*. Corpul acestora, după terminarea perioadei de vegetație, constituie o importantă sursă de hrană pentru multe animale. Potamoplanctonul este constituit din rotiferi, hidracarieni, copepode și alte forme mici. Sub pietre se găsesc adesea larve de insecte, altele decît cele

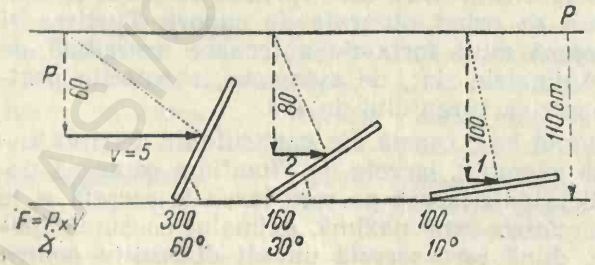


Fig. 49. Turtirea corpului reduce rezistența la curentul apei.

din biotopul lotic. Talia organismelor din acest biotop este mai mare, iar unele nu posedă adaptări rheotactice pozitive. Cîteva din organismele pîrîului de munte sînt redate în *Planșa III*.

Fauna piscicolă este alcătuită din forme adaptate la curentul puternic de apă (zona salmonidelor), ca: zglăvocul, grindelul și chiar păstrăvul, care toți au cerințe mari față de oxigen și suportă temperaturi scăzute. Planctonul, deși nu reprezintă o masă importantă, joacă rol în hrănirea puietului de pește.

În apropierea malului, în biotopul marginal, pe sol, se instalează o floră caracteristică, proprie locurilor umede și umbroase, formată mai ales din briofite și alge albastre. În interiorul pajiștilor de mușchi trăiește un mare număr de nevertebrate. În acest sector se face și o întrepătrundere de forme acvatice și terestre.

Zona de mal posedă adesea o floră arboricolă bogată, care contribuie la furnizarea unui detritus alohton, important în hrana a o serie de animale

Uneori pîrîul își are originea într-un lac, în care caz el poate conține plancton, cu originea în lac, care însă se pierde curînd pe cursul apei și nu constituie o sursă importantă de hrană pentru animalele pîrîului.

RÎUL

Continuarea pîrîului sau unirea mai multor pîraie dă naștere rîului, o formațiune de apă curgătoare, caratcerizată printr-o albie mai stabilă, mai largă și mai adîncă. Malurile adesea sînt mai joase și mai puțin abrupte decît la pîrîul de munte. Viteza apei se reduce proporțional cu îndulcirea pantei. Debitul crește prin aportul afluenților, eroziunea și gradul de colmatare cresc. Variațiile termice sînt mai largi, iar plantele higrofile se pot instala pe unele porțiuni, atît la mal, cît și la fund.

Regimul hidrologic al rîului este dependent de suprafața bazinului hidrografic, natura geologică a acestuia cît și de abundența precipitațiilor, de expoziția lui față de soare și, deci, de evaporație. Vegetația și climatul pot influența, de asemenea, debitul și constantele fizico-chimice ale rîului. Viteza de curgere variază pe parcurs și în funcție de sinuozitățile albiei.

Consecința imediată a schimbărilor survenite în constantele fizico-chimice, comparativ cu cele din zona pîrîului, sînt diferențierea biotopilor prin lărgirea biotopului lenitic și restrîngerea celui lotic și creșterea numerică a formelor. Potamoplanctonul devine element biocenotic permanent; în compoziția acestuia sînt dominanți crustaceii. În afara compușilor chimici anorganici și a substanțelor suspensoide, rîul transportă și cantități crescînde de materie organică vie sau moartă, constituind ceea ce se numește *biodebitul* (V. I. Jadin) rîului sau *„drift biota"* (după autori americani). Biodebitul are mare importanță mai ales atunci cînd rîul se varsă în mări închise, continentale, rîul contribuind la îmbogățirea acestora în materii organice, deci la creșterea productivității lor.

În raport de relieful străbătut, rîul poate fi: *de munte* (Bistrița), *de deal* (Siretul), *de șes* (Ialomița) sau de toate la un loc (Oltul). Apa rîului de munte, în condiții meteorologice fără precipitații abundente, este

curată, bine oxigenată, de culoare verzuie; în schimb, apa rîurilor de șes și de deal are în permanență un anumit grad de tulburare și un aspect gălbui-bruniu, în funcție de cantitatea de material transportat. Dintre rîurile țării noastre, mai bine studiat este Bistrița (de către C. Motaș și V. Angelescu) care, după construcția barajului de la Bicaz, s-a transformat într-un mare bazin de acumulare, obiect de studiu al cercetătorilor de la stațiunea „Stejarul" din Pîngărați.

Nivelul apei rîurilor nu este constant: primăvara acesta crește din cauza topirii zăpezilor și a ploilor, vara și toamna scade din cauza micșorării debitului afluenților și a evaporării. Ca urmare, la marginea rîului o anumită zonă, care depinde de nivelul malului, este inundată sau uscată în timpul anului. În timpul verii, plantele rămase aici din primăvară se usucă și mor, rezultînd o cantitate însemnată de materie organică ce se mineralizează apoi și care este luată de apele viiturilor din primăvara viitoare, antrenînd-o în apele rîului unde vor servi ca săruri minerale nutritive pentru potamoplancton.

Biocenozele lotice ale rîului. Se găsesc mai ales înspre marginile adînci (unde viteza apei la curburi este destul de mare) sau pe pietrele care ies din apă, sau chiar pe unele plante ce se găsesc în curentul principal. În acestea trăiesc o serie de animale, dintre care unele sînt redate în *Planșa IV*.

Biocenozele lenitice ale rîului. Situate mai ales pe fundul și marginile mai puțin adînci ale acestuia, conțin asociații ce depind de natura biotopului. În parte, acestea sînt redate în *Planșa V*.

Din punct de vedere piscicol, rîul poate cuprinde zona cleanului și a mrenei, uneori, în partea sa inferioară, și zona crapului. Zonarea piscicolă depinde de altitudine și de lungimea rîului. În general se găsesc: *Thymallus, Nemachilus barbatus, Sabanejewia aurata balcanea, Aspro zingel, Acerina cernua,* uneori *Acipenser ruthenus, Barbus meridionalis* etc.

În rîu, organismele vii sînt numeroase ca specii, cît și ca număr de indivizi. Biomasa biotopului lotic poate ajunge pînă la 10—15 g/m², iar cea lenitică pînă la 25 g/m²; biomasa potamoplanctonică ajunge rar pînă la 10 g/m².

Hrana principală a animalelor din rîuri nu o constituie biomasa vie ci, mai ales, detritusul pe care apele îl aduc din amonte, la care se mai adaugă și plantele submerse.

În general, rîul nu este o sursă importantă de pește pentru consum, ci este locul cel mai preferat pentru pescuitul sportiv.

Dintre rîurile noastre, mai bine studiate sînt Bistrița și Sîmbăta. Pentru exemplificare, ne vom opri la acesta din urmă, datorită faptului că a fost studiat mai recent și sub mai multe aspecte.

Cursul rîului Sîmbăta străbate o pitorească zonă a versantului nordic al Munților Făgăraș, adunînd apele de pe un bazin cu suprafața de 101,6 km². Izvoarele rîului se situează la altitudinea de 1 800—2 400 m. În ansamblu, rîul străbate o zonă muntoasă cu altitudini cuprinse între 2 400 m și 500 m. De la izvoare pînă la altitudinea de 700 m, rîul străbate terenuri de rocă dură. Relieful pînă aici este variat, panta pronunțată, pe alocuri cursul apei formînd mici cascade și repezișuri. De la altitudinea de 700 m pînă la vărsarea în Olt, rîul străbate o regiune coli-

nară cu terenuri aluvionare, panta fiind mai domoală. Afluenții sînt numeroși, cu situare mai ales pe partea dreaptă.

Regimul hidrologic al rîului este mult influențat de anotimp. Nivelul apei atinge cote maxime primăvara, în perioada topirii zăpezilor și vara, în urma ploilor torențiale. Minimul de nivel se semnalează între lunile noiembrie și martie.

Lățimea medie a albiei este de 5—6 m, iar în regiunea superioară adîncimea variază între 0,25 și 0,40 m. Albia majoră are extindere relativ mică, atingînd cel mult 16 m lățime în zona de vărsare.

Temperatura apei este relativ scăzută tot timpul anului, avînd variații cuprinse între 6 și 8°C, în porțiunea superioară, și între 14 și 16°C, în cea inferioară. Alți factori fizici au variații relativ mici. Astfel, alcalinitatea variază numai între 0,5 și 0,9 HCl n/10, iar *p*H-ul între 6,8 și 7,4.

Hidrobiologic, rîul se caracterizează prin aceea că are un singur biotop cu extindere mare, biotopul lotic; biotopul lenitic este restrîns pe porțiuni mici, mai ales spre vărsare. Flora și fauna este de tip rheofil, datorită condițiilor lotice și torenticole.

Flora malurilor este alcătuită din plante aparținînd familiei *Boraginaceae (Myosotis palustris, Impatiens nolitangere), Ranunculaceae, Gramineae* etc., alături de care cresc numeroase ferigi și mușchi. Flora subacvatică este reprezentată de specii de alge ca: *Cladophora* sp., *Synedra accus, Navicula* sp. etc., mușchiul *Fontinalis*, acesta din urmă formînd pe pietre o biodermă vegetală inegal repartizată pe cursul rîului.

Fauna este mai diversă și mai bine studiată decît flora. Animalele constituie biocenoze în raport cu substratul la care aderă: faună *litofilă* — pe piatră, *fitofilă* — pe plantele macrofite subacvatice, *limnicolă* — pe nisip și mîl. În constituția acestor biocenoze intră mai ales viermi, crustacei, hidroacarieni și larve de insecte.

Peștii se repartizează în două zone piscicole, a păstrăvului și mrenei lipsind deci zona lipanului care, în mod obișnuit, este prezentă în majoritatea rîurilor cu caracteristici identice cu rîul Sîmbăta *(Planșa VI, A—B)*. În zona păstrăvului trăiește păstrăvul de munte *(Salmo trutta fario* L.) și păstrăvul de piatră, un hibrid importat din Cehoslovacia în anul 1938. Dintre ciprinide este prezent crapul *(Cyprinus carpio)*, mreana *(Barbus barbus)* și mreana de rîu *(Barbus meridionalis peteny)*, cleanul *(Leuciscus cephalus)* și alte zece specii capturate mai ales în zona de vărsare în Olt. Hrana acestor pești o constituie mai ales bogata și diversa faună bentonică a rîului.

Studiile întreprinse asupra rîului Sîmbăta, atît sub raport economic cît și sub raport hidrobiologic și hidrologic, pot servi drept model metodologic pentru studiul altor cursuri de apă din zonele noastre montane, în vederea utilizării și creșterii potențialului lor biologic și utilitar.

FLUVIUL

Se înțelege prin fluviu un curs de apă continentală, care străbate unul sau mai multe bazine hidrografice, colectînd afluenți numeroși și care se varsă într-un bazin marin sau oceanic. Masa mare de apă rezultată

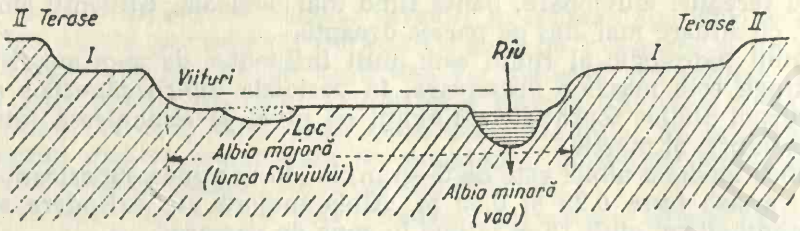


Fig. 50. Albia minoră și majoră a apelor curgătoare.

din confluența mai multor rîuri caracterizează orice fluviu. Adesea, fluviul străbate lanțuri de munți formînd *defilee*. La vărsare în mările închise fluviile formează *delte*, ca urmare a depunerii în decursul mileniilor a aluviunilor transportate. La vărsarea în mările deschise sau oceane, datorită fluxului și refluxului, materialul transportat nu se depune, iar la gura fluviului se formează *estuare* (de exemplu, fluviul Sena). Apa fluviului este tulbure tot timpul anului, mai ales în sectoarele mijlociu și inferior. Conținutul în oxigen și temperatura variază destul de mult. Deseori, în cursul fluviilor există zone inundabile (sau lunci), adesea extinse pe zeci de km², pe unul sau ambele maluri. Albia majoră este presărată cu lacuri și bălți, care pot avea legătură permanentă sau temporară cu albia minoră. Aceste formațiuni pot fi amenajate cu ușurință pentru cultura piscicolă intensivă (fig. 50).

Planctonul. Fluviul posedă asociații de organisme mult mai stabile decît rîul, adesea forme endemice proprii pe care nu le găsim nici chiar în celelalte fluvii ale aceluiași continent. Potamoplanctonul este bogat în specii cuprinzînd atît forme proprii, cît și forme antrenate din afluenți sau din bălțile limitrofe. Atît în ceea ce privește compoziția cît și dinamica, potamoplanctonul este specific unui anumit fluviu. Astfel, datele privind compoziția potamoplanctonului fluviului Illinois (S.U.A.) evidențiază următoarele.

vegetale	cloroficee	33	specii
	diatomee	29	specii
	altele	21	specii
	Total	83	
animale	protozoare	185	specii
	rotifere	104	specii
	entomostracee	43	specii
	altele	114	specii
	Total	446	
	Total specii vegetale și animale	529	

Compoziția în specii a planctonului variază în raport cu timpul și locul sondajelor. În fluviul Mississippi, determinările făcute în același loc, dar la date diferite, au dat următoarele rezultate:

— *la o anume dată:* 36 specii vegetale, 80 specii animale — total=116
— *la altă dată:* 115 specii vegetale, 73 specii animale — total=188

Determinîndu-se însă la aceeași dată, dar în puncte diferite situate la distanțe de 10 km unul de altul, s-au obținut următoarele date:

— *amonte:* 48 specii vegetale, 95 specii animale — total=143
— *aval:* 67 specii vegetale,, 131 specii animale — total=198

Rezultă, deci, că raportul dintre numărul speciilor animale și vegetale variază în timp și spațiu. Cauzele acestor variații sînt de natură diferită. Unele sînt locale, între care alcătuirea chimică a fundului, natura vegetației malului și deversările de ape casnice și industriale sînt mai importante. Variația se poate datora și afluenților, care aduc ape mai bogate sau mai sărace în oxigen și chiar potamoplancton. De asemenea, expoziția față de soare poate favoriza sau defavoriza dezvoltarea planctonului vegetal și animal.

Variațiile sezoniere, mai ales în fluviile care sînt situate în zone geografice supuse variațiilor meteorologice sezoniere, sînt remarcabile (tab. 6).

Tabelul 6

Biodebitul fluviului Illinois, în diferite anotimpuri

Perioada:	Durata (zile)	Debitul fluviului (m^3/zi)	Plancton (cm^3/m^3)	Transport (tone/zi)	Plancton (tone/perioadă)
decembrie-februarie	90	48 090 240	1,37	72	6 536
martie-iunie	122	48 090 240	27,82	1 474	179 916
iulie-noiembrie	153	24 045 120	3,43	91	14 025
Total (media)	365	—	10,87	1 637	200 477

Fluviile transportă în bazinele de vărsare cantități mari de plancton. Din datele de mai sus rezultă că Illinois varsă anual peste 200 000 tone plancton, deci aproximativ 60 000 tone substanță uscată, în care se află circa 3 000 tone azot și o tonă fosfor. Dacă la aceste valori se adaugă și cantitatea de substanță organică moartă și cea bacteriană, rezultă că fluviile transportă mari cantități de substanță organică. După V. I. J a d i n, fluviul Volga varsă anul în Marea Caspică aproximativ 500 000 tone substanță bacteriană, 1 000 000 tone fitoplancton, 40 000 tone zoo-

plancton, deci mai mult de un milion și jumătate tone substanță organică în care se cuprind peste 300 000 tone azot și 16 000 tone fosfor. Pentru circuitul materiei în M. Caspică, acest aport anual joacă un mare rol. Productivitatea biologică a mărilor interioare este în strînsă dependență cu biodebitul fluviilor care se varsă în ele.

Pentru organismele animale din fluvii, potamoplanctonul reprezintă o importantă sursă de hrană. Fluviile mai vechi au plancton mai bogat, atît cantitativ cît și calitativ, acest fapt datorîndu-se mai ales adaptării lui la condițiile specifice (locale) într-o perioadă lungă de timp. Densitatea planctonului crește spre mal, unde viteza este mai mică. Fluctuațiile hidrografice ale fluviului determină, de asemenea, fluctuații mari ale planctonului. O corelație strînsă se remarcă și între cantitatea de plancton și cantitatea de pește în fluviul respectiv. Pe verticală, planctonul se răspîndește în funcție de tăria curentului și de pătrunderea luminii.

Bentosul. Fluviul posedă și un bentos dezvoltat. Flora bacteriană de fund joacă un rol important în descompunerea detritusului organic. În zona de fund trăiesc, de asemenea, protozoare, viermi, crustacei, larve de insecte. Pentru fauna ihtiologică a fluviului, bogăția în aceste forme are o mare însemnătate. În raport cu natura rocilor care intră în constituția albiei, cît și în funcție de tăria curentului de apă, organismele bentonice ale fluviului formează asociații caracteristice. Uneori, o asociație are extindere mare datorită substratului care îi oferă condiții optime de viață. În raport cu substratul se întîlnesc în fluvii biocenoze de nisip, de piatră, de argilă și de mîl (fig. 51).

Biocenoza de nisip este alcătuită mai ales din chironomide, viermi, miside, gamaride. Dezvoltarea biocenozei este înceată, datorită nestabilității substratului. În unele cazuri, această biocenoză este destul de bine conturată și conține un număr mare de indivizi pe unitatea de suprafață. Astfel, în fluviul Elba (zona Hamburg) s-au numărat pînă la 307 600 indivizi de *Tubifex* și 76 400 indivizi de *Spherium* pe metrul pătrat.

Biocenoza de piatră are în componența sa mai ales specii care se fixează de suportul dur. Spongierii dulcicoli, briozoarele, moluscul *Dreissena*, crustaceii superiori și unele larve de insecte alcătuiesc de obicei această biocenoză bogată în număr de indivizi, astfel că în unele fluvii dă o biomasă de ordinul a 250 g/m^2. Organismele de aici constituie o importantă sursă de hrană pentru pești, gasteropode etc.

Biocenoza de argilă nu are mare extindere. De obicei ocupă oarecare suprafețe pe malurile fluviilor. Animalele sapă galerii în care se adăpostesc. Chironomidele, crustaceii și unele moluște intră în compoziția acestei biocenoze. În fluviul Volga biomasa acestei formațiuni măsoară pînă la 23 g/m^2. În fluviul Irtîș (afluent al lui Obi), biocenoza de argilă ocupă 42% din suprafața albiei.

Biocenoza de mîl, localizată de obicei în porțiunea inferioară a fluviilor, cuprinde adesea un număr mare de organisme și specii mai ales puțin pretențioase față de oxigen. Viermii sînt elementele dominante, dar se mai găsesc amfipode, moluște bivalve *(Unio, Anodonta, Pisidium),* larve de insecte etc. În Volga, biomasa acestora ajunge la 40 g/m^2 care, pentru peștii bentonici, constituie principala sursă de hrană.

Biocenoza tufișurilor de plante are un caracter limnofil. Unele plante din această biocenoză sînt prezente și în lacuri. Animalele epifite își

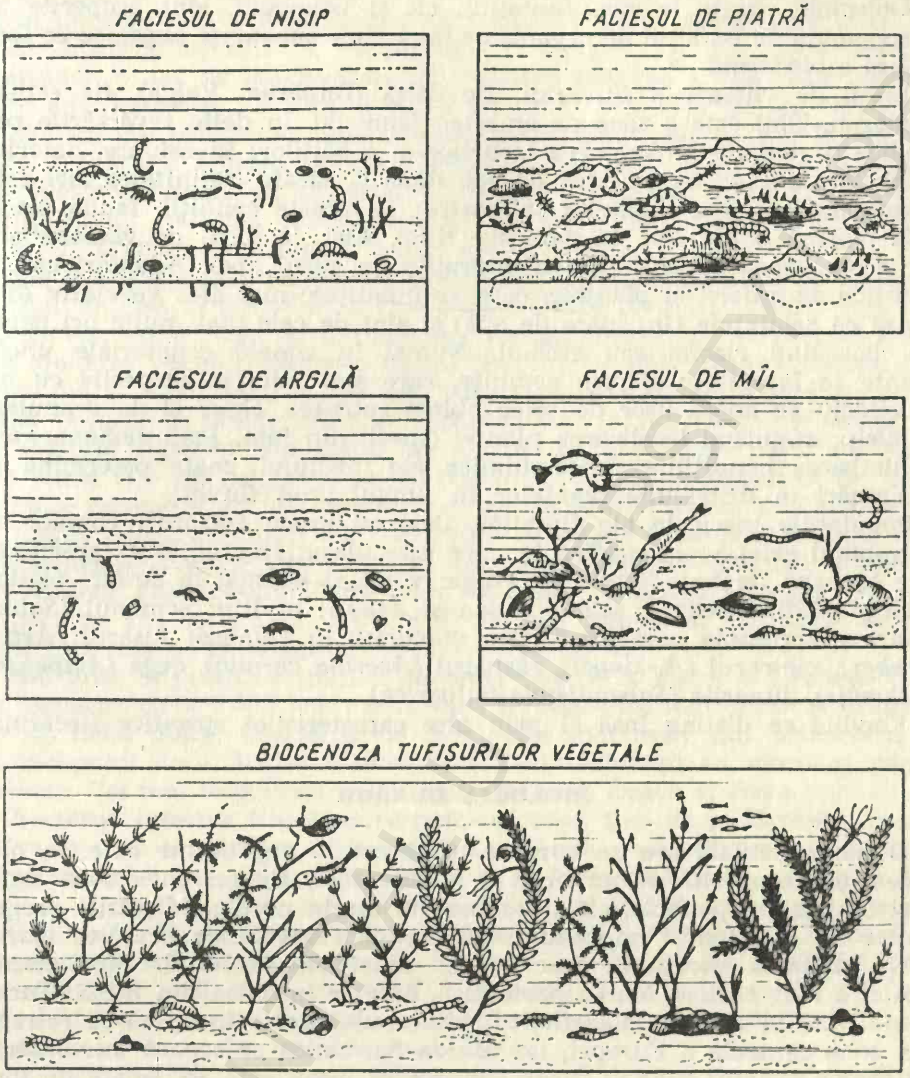


Fig. 51. Biocenozele fluviului.

găsesc hrană îmbelșugată în tufișurile de plante de pe malurile fluviului. O serie de pești depun icrele în aceste zone (bibanul, șalăul, ocheana). Larvele de insecte se dezvoltă de asemenea bine, la fel și formele planctonice.

Organismele din fluvii sînt în general euribionte deoarece trăiesc în condiții de variații mari ale *p*H-ului, conținutul în oxigen, viteză și temperatură. Sub raportul tipurilor de organisme, fluviul este tributar formațiunilor hidrologice cu care vine în contact. De aceea, în fluviu pătrund adesea unele forme lacustre și chiar salmastre.

Obiectele căzute în apa fluviului, cît și bolovanii, sînt acoperite în permanență de un strat de organisme mici și de substanțe organice ce formează o *biodermă*.

Locul de vărsare a fluviului, fie deltă (Dunărea, Volga), fie estuar (Amazon, Obi) este o zonă de amestec faunistic. În delte revărsările periodice contribuie la formarea lacurilor și a bălților; în estuare, datorită mareelor, are loc un amestec de ape dulci și sărate (salinitatea aici este asemănătoare cu a bazinelor salmastre). În aceste condiții, fauna piscicolă marină poate trăi un oarecare timp. Aici, la locul de vărsare, are loc acomodarea peștilor pentru migrațiile în susul apei. Adaptări caracteristice au suferit și plantele, care se înmulțesc mai ales vegetativ (din cauză că semințele sînt luate de apă) și sînt de cele mai multe ori perene, posedînd rizomi sau stoloni. Numai în zonele ecuatoriale unele plante se înmulțesc și prin semințe, care sînt mici și acoperite cu un mucilagiu ce aderă ușor de orice obiect submers, chiar și de granulele de nisip, asigurînd localizarea plantei (specii din fam. *Podostemonaceae*). Schimbarea condițiilor fizico-chimice ale mediului poate determina și schimbări în distribuția plantelor în lungul unui fluviu.

Populațiile piscicole ale fluviilor, deși au unele trăsături comune și corespund ariei zoogeografice în care este plasat fluviul, sînt caracteristice aproape fiecărui fluviu. În Volga: vobla și beluga; în Amur: plătica albă și plătica neagră, șalăul golian și avatul; în Rin: somonul *(Salmo salar)* și scrumbia oceanică *(Alosa vulgaris)*; în Dunăre: fusarul *(Aspro streber)*, pietrarul *(A. zingel)*, răspărul *(Acerina cernua)*, cega *(Acipenser ruthenus)*, dunariță *(Sabanejewia bulgarica)*.

Fluviile se disting însă și prin alte caracteristici specifice fiecăruia.

BIOLOGIA DUNĂRII

Dunărea actuală are un curs ce urmărește o depresiune care, în oligocen, era acoperită de un braț al Mediteranei. Depresiunea avea legături cu bazinul panonic, cît și cu bazinul marin nordic. Mișcările orogenetice de la sfîrșitul miocenului au dus la regresiunea brațului marin și la înălțarea uscatului, concomitent cu separarea lui de Mediterană. Astfel a luat naștere Marea Sarmatică, care se întindea din R.S.S. Turkmenă pînă în Austria. La sfîrșitul pilocenului apele încep să se retragă din zona centrală a Europei, iar Marea Sarmatică se separă într-o serie de bazine, primul fiind L. Aral. Retragerea mării este secondată de formarea Paleo-Dunării, care colecta toate apele curgătoare din fostul bazin. Formarea cursului fluviului s-a efectuat în etape. La sfîrșitul terțiarului se formează sectorul superior, cel mijlociu la sfîrșitul pliocenului, iar cel inferior în cuaternar, cînd bazinul panonic intră în legătură cu cel pontic prin intermediul fluviului.

Izvoarele Dunării actuale se situează în Munții Pădurea Neagră din R. F. Germania, la o altitudine de 679 m. De la izvoare pînă la vărsarea în Marea Neagră, fluviul colectează apele unui bazin hidrografic cu o suprafață de 817 000 km², ocupînd al 24-lea loc în lume și al 2-lea în Europa în ceea ce privește mărimea bazinului (fig. 52). Cursul este orientat de la Vest spre Est, asigurînd posibilități pentru efectuarea unor transporturi fluviale de la M. Neagră pînă în Europa de Vest, iar dato-

rită canalelor artificiale Dunărea va deveni o arteră de navigație în cadrul unui sistem care, prin intermediul altor fluvii, poate lega între ele mările Nordului, Baltică, Mediterană și Neagră. Pe latitudine, bazinul cuprinde 8° iar pe longitudine 22°. Lățimea maximă a bazinului este de 600 km; lungimea în linie dreaptă este de 1 630 km, iar pe talveg de 2 857 km. Fluviul are o pantă medie de 25 cm/km. Bazinul se învecinează cu cele ale Rinului, Elbei, Oderului, Vistulei, Nistrului și Padului. Străbătînd regiuni de un pitoresc deosebit, cuprinse în teritoriile a 8 țări, fluviul străbate totodată și trei capitale (Viena, Budapesta și Belgradul), precum și un număr important de orașe.

De la izvoare pînă la vărsare cursul Dunării intersectează de două ori lanțul muntos Alpino-Carpato-Balcanic, prima dată în dreptul localității Devin, unde Alpii se întîlnesc cu Carpații Mici, iar a doua oară între Moldova Veche și Drobeta-Turnu Severin, formînd cel mai frumos defileu din Europa, lung de 144 km, numit Porțile de Fier. Datorită condițiilor geografice, aceste întretăieri diferențiază fluviul în trei sectoare.

Sectorul superior sau alpin. Se întinde de la izvoare pînă la Viena, are circa 900 km lungime și un regim de curgere condiționat de fluctuațiile sezoniere ale temperaturii și precipitațiilor. Panta medie este de 1 m/km. Scurgerile mari sînt vara cînd se topesc zăpezile din Alpi, care alimentează o parte din afluenții din acest sector. Apa este limpede, de culoare albastră-verde (de unde expresia „Dunărea albastră") și are aspect de rîu de munte. Afluentul cel mai important din acest sector este Inul (debit 740 m^3/s).

Sectorul mijlociu. Denumit și *panonic*, ține de la Viena la Drobeta-Turnu Severin, circa 1 000 km, are o rețea hidrografică mai densă și afluenți cu un debit mare. Creșterile de nivel cele mai mari sînt primăvara și la începutul verii. Înghețul este inconstant. Afluenții au viteze și pante reduse. Cei mai importanți sînt: Tisa, Morava, Drava și Sava.

Sectorul inferior. Numit și *carpato-balcanic*, ține de la Drobeta-Turnu Severin pînă la vărsare, circa 1 000 km și este caracterizat prin variații mari de debit, cu creșteri primăvara și la începutul verii. Afluenții sînt mici, cu pante și viteze reduse. Fenomenele de îngheț anuale au intensități diferite. Panta medie a fluviului este de 3,8 cm/km în Cîmpia Română și de 0,5 cm/km în Deltă. Sectorul inferior scaldă teritoriul țării noastre și al țărilor vecine: R.S.F. Iugoslavia, R.P. Bulgaria, iar pe porțiunea Călărași — confluența cu Prutul, numai pe teritoriul nostru, apoi constituie o parte din frontiera cu U.R.S.S.

Pe lungimea sa, sectorul inferior poate fi divizat în trei porțiuni, cu caracteristici fizico-chimice și biologice individuale. O porțiune o constituie defileul, alta defileu-Tulcea iar a treia Delta Dunării. Principalii biotopi ai sectorului inferior sînt în număr de trei și anume: *șenalul*, *lunca inundabilă* și *delta*.

Șenalul

Caracteristicile fizico-chimice ale șenalului, sau albiei propriu-zise a Dunării din sectorul românesc, au fost pe larg studiate de Gr. Antipa, iar mai recent de un colectiv care a publicat monografia *Limnologia sectorului românesc al Dunării* (1967), editată de Academia R.S. România.

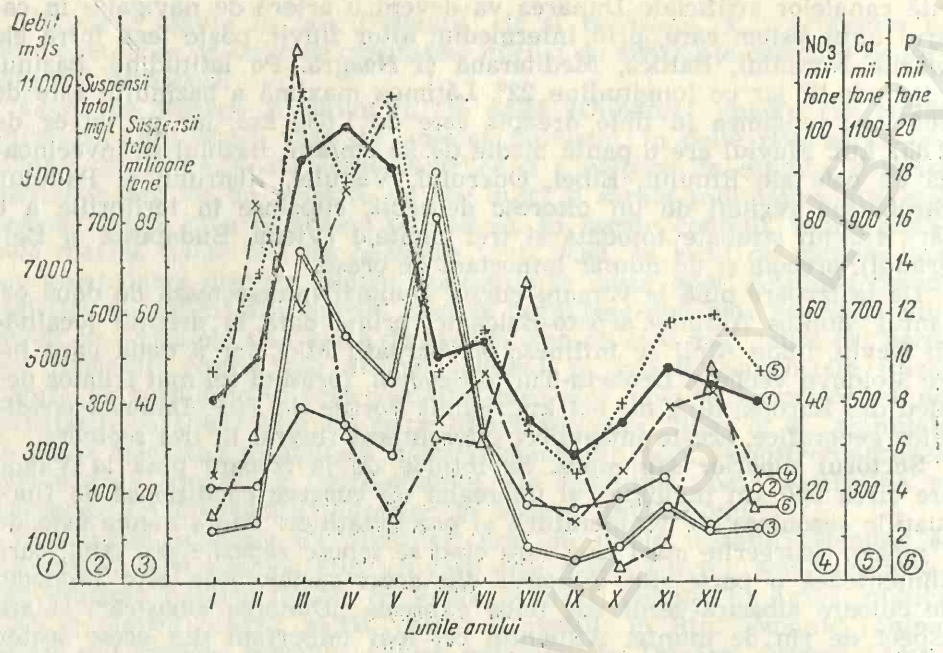


Fig. 53. Variaţia debitului, suspensiilor, azotaţilor, fosfaţilor şi a calciului în Dunăre, pe timp de un an.

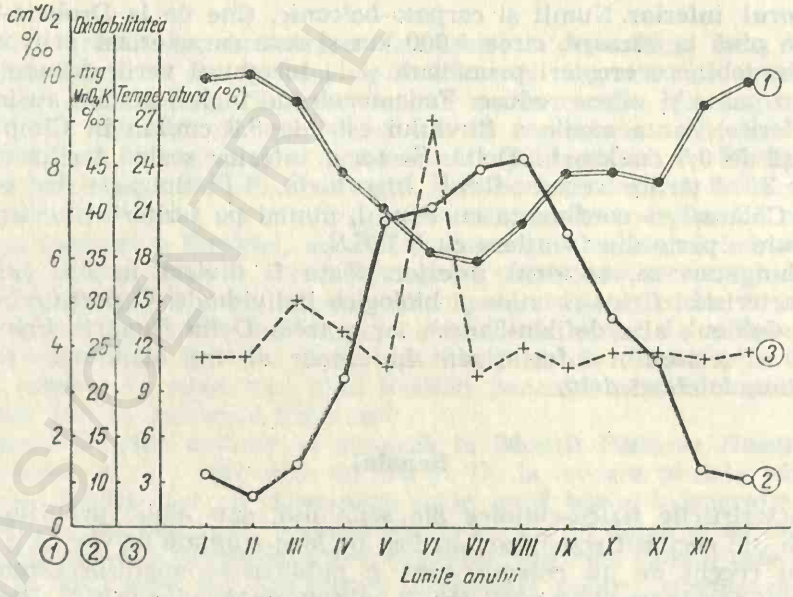


Fig. 54. Variaţia temperaturii, oxigenului şi a oxidabilităţii, în Dunăre, pe perioada unui an.

În figurile 53 și 54 sînt redate unele din valorile acestor caracteristici care ne interesează pentru înțelegerea vieții din șenal. Am redat valorile anului 1958—1959, pentru a arăta mersul variațiilor în cursul unui an. Dar există variații și de la an la an, al căror sens însă este același, valorile absolute putînd fi mai mari sau mai mici decît cele din 1958/59.

Nivelul apei Dunării variază în funcție de precipitațiile din sectorul superior și mijlociu, cît și de topirea zăpezilor din munții pe care îi străbate fluviul. În figura 55 sînt redate valorile acestui nivel la 3 cote de miră: Orșova, Oltenița și Tulcea, pentru circa 40 de ani. Curbele reprezintă nivelul maxim al anilor respectivi. Se constată un paralelism destul de evident al nivelului în diferitele puncte ale fluviului.

De nivelul apei depinde inundarea Luncii și Deltei Dunării, apele putînd acoperi o suprafață mai mare sau mai redusă. De întinderea apelor depind o serie de fenomene biologice și, în special, cantitatea de materie organică mineralizată, care stă la baza productivității apelor Dunării.

Nivelul apelor din șenal este în mare măsură paralel cu debitul Dunării, adică cu cantitatea de apă transportată, în m^3 pe secundă, măsurată la o anumită secțiune a fluviului. Creșterea vitezei apelor este un factor care mărește debitul, fără a modifica nivelul lor. Aportul afluenților mărește debitul în aval (fig. 56). Debitul mediu multianual al Dunării este, în medie, de 6 000 m^3/s, dar variază cu lunile anului, în timpul primăverii fiind cel mai mare (pînă la 13 500 m^3/s la Orșova; 14 900 m^3/s la Oltenița, 13 390 m^3/s la ceatalul Izmail, 1942), iar în timpul iernii cel mai mic (pînă la 1 470 m^3/s, în 1954).

Suspensiile din apă depind în mare măsură de debit, cu toate că în unele cazuri un aport de apă torenticolă poate mări cantitatea de suspensii, chiar dacă debitul nu este așa de mare. De cantitatea suspensiilor depinde transparența apei, adică pătrunderea luminii. Lumina este indispensabilă asimilației clorofiliene și, deci, a producției primare a apei. Din cauza aceasta, transparența Dunării este un factor important al productivității ei. Odată cu suspensiile apa transportă și o serie de săruri solvate, din care cele mai importante sînt cele nutritive (azotați, fosfați etc.) (fig. 53). Cantitatea lor totală variază în cursul lunilor anului și de ea depinde posibilitatea asimilației clorofiliene. Cunoașterea valorilor substanțelor minerale este importantă pentru înțelegerea proceselor de viață.

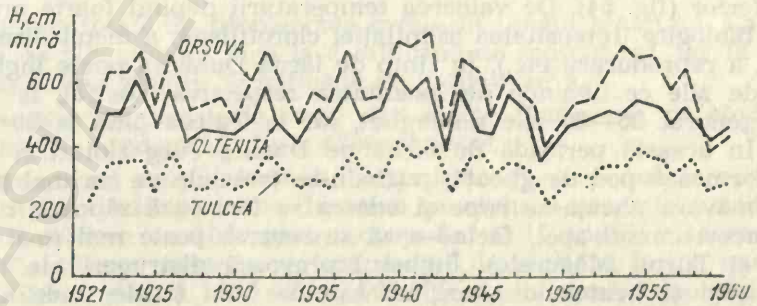


Fig. 55. Variația nivelului Dunării în puncte și în ani diferiți.

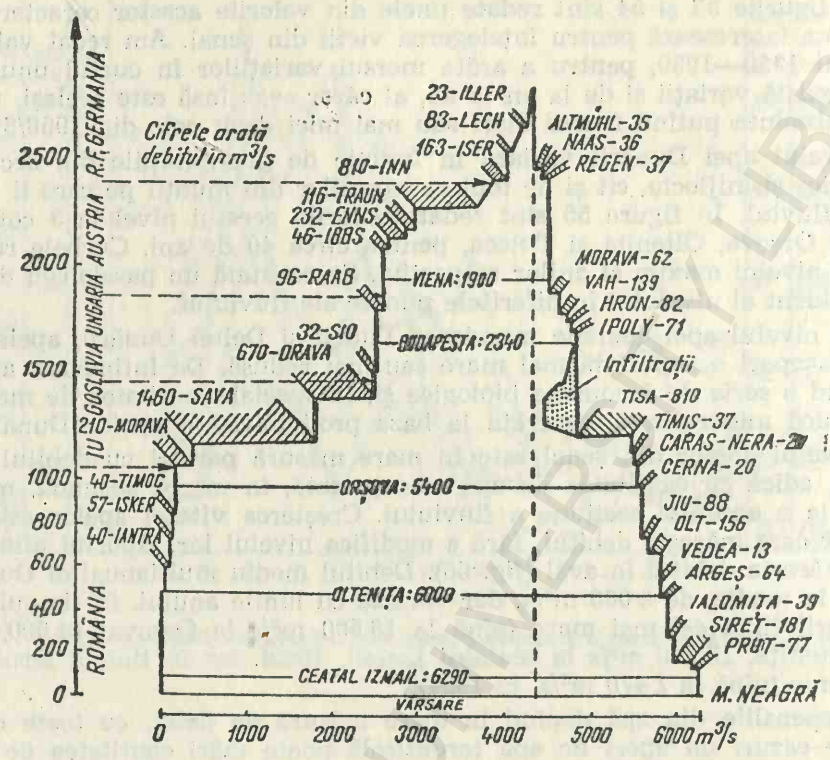


Fig. 56. Aportul afluenților la creșterea debitului Dunării (din A. Banu).

Apa Dunării transportă și alte săruri minerale (cloruri, sulfați, săruri de Ca, Mg etc.) a căror cantitate totală nu este prea mare, între 200 și 400 mg/l, adică au un grad mic de mineralizare.

Duritatea apelor Dunării este dependentă de cantitatea de calciu liber și variază între 7,8 și 10,1 adică este o apă ce se poate utiliza în industrie, pentru irigații, în scopuri casnice etc.

Temperatura apei Dunării variază lunar în decursul anului, prezentînd oscilații de la 0°C (chiar îngheț) pînă la 25°C și chiar mai mult în sectorul inferior (fig. 54). De valoarea temperaturii depind foarte multe fenomene biologice (intensitatea asimilației clorofiliene, a metabolismului, a mișcării, a reproducerii etc.). În timp de iarnă Dunărea poate îngheța un număr de zile ce depinde de localitatea respectivă. Astfel, la Orșova, sînt în general 25—30 zile de îngheț, iar la Tulcea pînă la 90 zile de îngheț. În această perioadă de iarnă pe Dunăre curg sloiuri și în unii ani se formează pod de gheață, putîndu-se trece de pe un mal pe celălalt. Primăvara gheața se rupe și adesea se formează zăpoare, care pot bloca uneori cursul apei, făcînd-o să se reverse peste mal (mai ales la Calafat și Turnu Măgurele). Înghețul provoacă distrugeri ale potamoplanctonului și bentosului marginal sau de fund (acolo unde apa este puțin adîncă). Ca urmare a unor ierni grele, se constată o sărăcire a faunei dunărene și, deci, a productivității ei.

Cantitatea de oxigen a apei este în general destul de ridicată și nu scade sub 5,5 ml la litru, decît în zona de fund liniștit (fig. 54) deoarece, altfel, mișcarea de curgere a apei uniformizează distribuția oxigenului și permanent la suprafață se produce o încărcare a acesteia cu oxigen din aer. Dar există variații ale conținutului de oxigen în funcție de temperatură și, deci, de lunile anului.

Ca urmare a existenței unei cantități ridicate de oxigen, fenomenele de oxidabilitate a substanței organice sînt foarte active și mineralizarea acesteia destul de rapidă. Nu s-au descris penurii de oxigen în cursul Dunării, decît în unele canale izolate, în care apele nu se primenesc.

Drept consecință a acestor procese de „autopurificare" biologică prin fenomene de oxidare a substanțelor organice, reziduurile organice în Dunăre sînt foarte puține și încă nu au ajuns să-i polueze apele. Valoarea *p*H-ului se menține destul de constantă tot timpul anului (între 7,66 și 7,92).

Numărul de germeni pe care îi are Dunărea variază între 945/ml și 4 140/ml, după lunile anului, după cantitatea de suspensii și în funcție de temperatura apei.

Asociațiile de organisme din șenalul Dunării nu pot fi net separate de cele ale zonei inundabile sau ale deltei, cu care apele Dunării se amestecă în mod regulat. Totuși, se pot face unele diferențieri, mai mult cantitative decît calitative.

Din totalul de 605 specii de alge fitoplanctonice ale Dunării, 269 se găsesc numai în șenal:

Categoria de animale	Total specii	În șenal
Cyanophyceae	75	15
Flagellatae	31	6
Dinoflagellatae	9	1
Clorophyceae	131	43
Heterokontae	13	—
Conjugatae	52	2
Characeae	4	—
Diatomeae	290	202
Total	605	269

Cantitatea totală de fitoplancton crește în lungul șenalului. La Orșova, toamna, se pot număra pînă la 3 milioane de indivizi/m^3, iar la vărsarea brațului Sulina pînă la 30 milioane de indivizi/m^3 apă.

Elementele dominante în șenal sînt algele *Diatomeae*, pe cînd în bălțile dunărene predomină algele *Clorophyceae*.

Zooplanctonul este alcătuit din organisme al căror număr este corelat cu cantitatea de fitoplancton. În apele șenalului s-au găsit: protozoare — 4 specii; rotifere — 103 specii; copepode — 19 specii; cladocere — 20 specii. Cantitatea acestora variază destul de mult cu lunile anului (fig. 57) rotifere putînd fi peste 600 000 indivizi/m^3; copepode peste 300 000 indivizi/m^3; cladocere nu peste 30 000 indivizi/m^3. Cantitatea lor

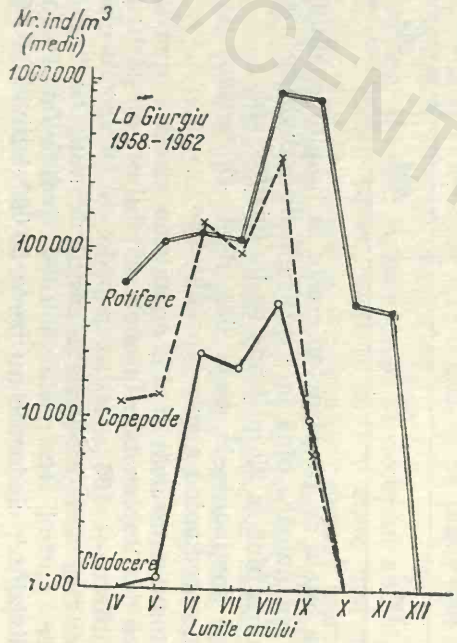


Fig. 57. Variația anuală a zooplanctonului la Giurgiu.

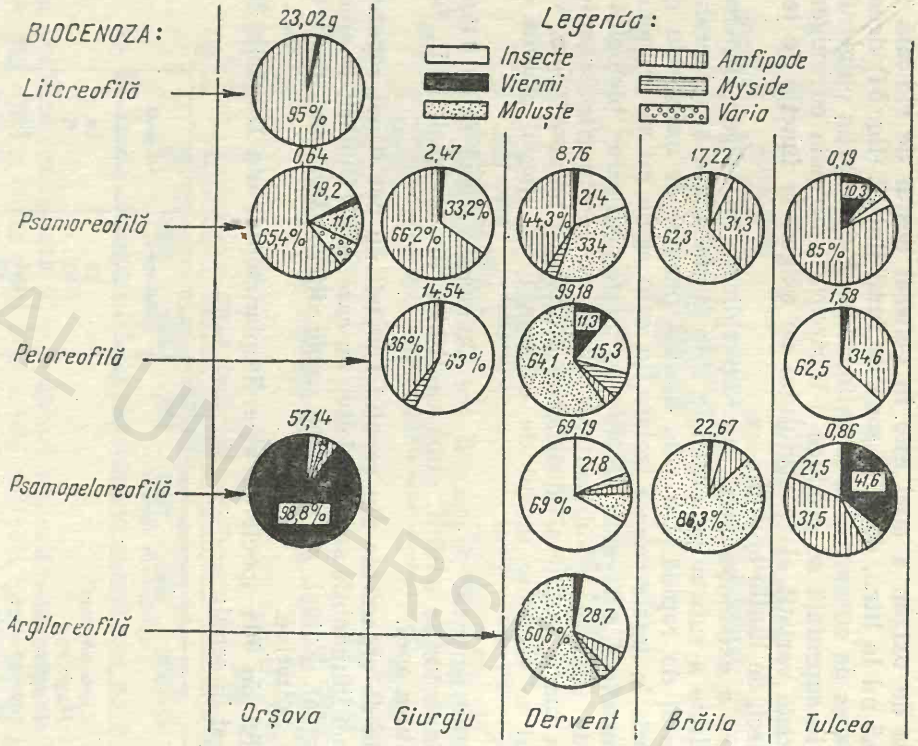


Fig. 58. Variația cantitativă a biocenozelor bentonice în diferite puncte ale Fluviului Dunărea (după V. Enăceanu).

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

depinde în primul rînd de viteza apei și de afluenții care se varsă în Dunăre, în dreptul acestora zooplanctonul fiind foarte sărac.

Bentosul Dunării este foarte bogat în organisme animale. Găsim reprezentanți ai aproape tuturor grupelor de nevertebrate: celenterate, triclade, turbelariate, nematode, mermitide, hirudinee, bryozoare, myside, ostracode, isopode, decapode, hidracarieni, polichete, oligochete, moluște gasteropode, moluște lamelibranhiate, amfipode, larve de efemeroptere, de trichoptere, tendipedide, simulide și alte diptere, dar mai ales de chironomide, de odonate, plecoptere, heteroptere.

Repartiția bentosului nu este uniformă în lungul șenalului. El scade mult de la Orșova la Tulcea (fig. 58). El scade, de asemenea, prin vărsarea unui afluent care aduce ape poluate (de exemplu, Argeșul care primește Dîmbovița), așa cum se poate vedea mai jos:

Categoria de animale	Amonte de Argeș %	Aval de Argeș %
Tendipedidae	34	4
Tubificidae	24	95
Mysidae	18	—
Gasteropodae	17	—
Amfipodae	3	—

Biomasa bentonică depinde de biotopul respectiv, astfel că se pot distinge o serie de biocenoze diferite după biotopul respectiv și pentru fiecare din ele o anumită valoare a biomasei.

Biocenoza litoreofilă, caracteristică în special Porților de Fier și Cazanelor, are în medie 23 g de probă (circa 1 m²) în care peste 95% o reprezintă *Corophium*. Substratul este de piatră, alcătuit din stîncile vechiului lanț Carpatic, pe care apele Dunării, au reușit să le străbată. La Cazane albia este destul de îngustă, în schimb adîncimea este de 50—60 m, cu stînci ce se ridică uneori pînă la zece metri de la suprafață. Pe pernițele de *Corophium* se mai găsesc gammaride, polichete, din ambele grupe de animale existînd aici reprezentanți vechi, ponticí *(Dikerogammarus, Corophium)*. Aceștia constituie hrana de bază a cegăi și vizei din această regiune.

Biocenoza de piatră nu se mai semnalează în măsură importantă în restul șenalului dunărean decît la Călărași, Hîrșova și în alte cîteva locuri. Ea mai apare la vărsarea brațului Sulina dar aici este alcătuită dintr-un amestec de forme dulcicole și salmastre.

Biocenoza psamoreofilă (de nisip) se găsește mult răspîndită în lungul șenalului, avînd biomase relativ sărace, între 0,64 (la Orșova) și 17,22 g/m² (la Brăila); majoritatea formelor ce o alcătuiesc sînt gammaridele, inclusiv gasteropodele (la Brăila), sau larve de insecte (la Giurgiu).

Biocenoza argiloreofilă (de argilă) este, de asemenea, răspîndită pe șenal, avînd la Dervent, unde este mai întinsă, o cantitate totală de 71,6 g/m² de gasteropode (60%), larve de insecte (28%), gammaride (10%) și puțini viermi (2%).

Biocenoza peloreofilă (de mîl) se întinde mai ales la fundul șenalului dunărean și, în unele cazuri, este foarte bogată, avînd pînă la 99 g/m²

(Dervent), fiind alcătuită mai ales din gasteropode (64%), larve de insecte (16%), polichete (11%), miside (9%).

Biocenoza psamopeloreofilă (nisip cu mîl) este foarte comună și ocupă spații întinse în șenal, avînd o biomasă totală de 57 g/m² la Orșova, de 69 g/m² la Dervent, de 22,6 g/m² la Brăila, dar numai de 0,8 g/m² la Tulcea. La Orșova majoritatea formelor sînt reprezentate de oligochete (96%), pe cînd la Dervent sînt larve de insecte (69%) și oligochete (21%).

Trebuie să precizăm că întinderea biocenozelor dunărene nu este aceeași pe malurile stîng și drept ale fluviului. Malul drept este mult mai abrupt, din cauza aceasta întinderea biocenozelor este mult mai redusă, pe cînd malul stîng se întinde adesea pe zeci și sute de metri de la firul principal al apei și, în consecință, biocenozele sînt mai mari.

În dreptul diferitelor sectoare ale Dunării aceste biocenoze se amestecă între ele în proporții diferite și au și biomase diferite. Pentru tot șenalul se dau ca medie a biomasei 45 g/m² pe țărmul românesc și 41 g/m² pe cel bulgăresc. Repartiția cantitativă în lungul șenalului ar fi: 80 g/m² la Orșova, 17 g/m² la Giurgiu, 250 g/m² la Dervent, 40 g/m² la Brăila—Galați, 2,5 g/m² la Tulcea (v. fig. 58).

Fauna piscicolă a Dunării. Este mai bogată decît a altor fluvii europene. Ea conține 83 specii de pești autohtoni și 9 specii străine introduse în bazin în urma intervenției omului (îndiguiri) *(Planșa VI, C)*. Aproape 70 de specii din cele 83 amintite fac obiectul pescuitului intensiv sau sportiv. Originea acestei faune piscicole o putem găsi în preglaciar (P. Bănărescu).

Se găsesc în Dunăre o serie de pești pe care îi creștem astăzi și în diferitele lacuri sau în deltă: *Ctenopharingodon idella, Hypophtalmickthys molitrix* etc. (originari din China), care se aclimatizează acum la noi; prima specie, pentru a consuma hrana vegetală din anumite bazine, iar a doua specie, consumator de moluște, valorifică fauna bentonică.

Peștii pot fi grupați după diferite criterii (migrații, hrană), dar o împărțire ecologică este dată de către Th. Bușniță, care îi separă în 3 categorii, după condițiile de mediu: oxigen, fitoplancton, temperatură etc.

Dintre peștii Dunării 75% sînt „pașnici", adică se hrănesc cu bentos, plancton, vegetale și 25% sînt răpitori, adică se hrănesc cu alți pești. Din toată cantitatea de pește prinsă (de exemplu, cantitatea medie a anilor 1952—1962), circa 67% este dată de peștii pașnici și 33% de peștii răpitori.

Pești „pașnici": babușca, batca, carasul și carasul argintiu, cega, cosacul, crapul, linul, morunașul, mreana, nisetrul, obletul, păstruga, plătica, roșioara, sabița, scrumbia de Dunăre, văduvița etc.

Pești răpitori: avatul, bibanul, fusarul, ghiborțul, mihalțul, morunul, somnul, șalăul, știuca, anghila.

Dintre peștii Dunării de o deosebită importanță sînt cei ce urcă fluviul, venind din mare, deci din aval, pentru a-și depune icrele în zonele din amonte: morunul, nisetrul, păstruga, șipul, scrumbia de Dunăre, rizeafca și gingirica. Aceștia sînt pești de origine dulcicolă, adaptați secun-

dar la condiții de apă salmastră și marină, unde beneficiază de o hrănire mai intensă. Migrația adulților împotriva curentului apei este determinată de stadiul de maturație a gonadelor ce depinde de hipofiză.

Cu toate studiile, încă nu se cunosc exact locurile unde se reproduc peștii *anadromi*, mai ales acipenseridele (morunul, probabil, în porțiunea inferioară a fluviului, între km 0—400, unde s-au capturat exemplare de pînă la 1 200 kg și 7 m lungime, dar exemplarele obișnuite care se pescuiesc curent au între 20 și 120 kg). Nisetrul este mai frecvent în Dunăre decît morunul. El se capturează obișnuit în exemplare de 6—19 kg. Păstruga pătrunde și ea în apele Dunării și se pescuiește în exemplare de 2—10 kg. Scrumbia de Dunăre pătrunde în Dunăre în cîrduri mari în timpul pimăverii și ajung pînă la 200—300 km în aval; puii pot rămîne în ape dulci sau în fața gurilor Dunării peste un an (în bălțile din luncă).

După preferințele peștilor față de mediu (oxigen, hrană, viteza apei, curentul etc.), Th. Bușniță împarte Dunărea în 4 zone:

Zona I, între Baziaș și Corabia, cu o pantă destul de pronunțată, viteza curentului mare, fundul stîncos și cu gropi. Lunca inundabilă lipsește aproape complet. Aici se întîlnește un amestec de forme reofile provenite din rîuri (mreană, scobar, clean) cu forme specifice Dunării (cegă, viză, avat, biban, morun și nisetru pentru reproducere).

Zona a II-a, între Corabia și Călărași, cu o pantă mai redusă, cu numeroase insule și avînd o luncă inundabilă cu bălți al căror fund se găsește la 1 m deasupra nivelului minim al Dunării. Aici este locul preferat de reproducere al sturionilor și aproape exclusiv al scrumbiei de Dunăre. Prin legăturile șenalului cu bălțile din luncă în acestea se reproduc foarte intens ciprinidele.

Zona a III-a, între Călărași și Brăila, cu o pantă și mai mică, include și marile insule Borcea și Brăila. Fundul bălților din luncă se află puțin sub nivelul minim al Dunării. Aici urcă gingirica, crește puietul de rizeafcă, de scrumbie de Dunăre; tot aici sînt cîrdurile de crap, sabiță, văduviță, somn.

Zona a IV-a, între Brăila și vărsarea Dunării în M. Neagră are cea mai mică pantă, plancton și bentos bogat. Speciile de pești dominanți sînt sturionii, scrumbia de Dunăre, dar tot aici se pot găsi toate speciile de pești ale Dunării în cantități și la epoci diferite.

Mulți pești din Dunăre migrează în rîurile care se varsă în ea, iar unii în bălțile luncii. Aici se depun icrele, apar larvele și puietul, care mai ales toamna revin în Dunăre, asigurînd astfel ihtiofauna șenalului. Dintre aceștia, menționăm: crapul, plătica, văduvița, batca, carasul argintiu, somnul.

Producția piscicolă a șenalului (ca și a bălților, a deltei) depinde de cantitatea de hrană pe care peștii o au la dispoziție în timpul vieții lor. Pentru peștii planctonici este importantă biomasa planctonică, pentru peștii bentonofagi cea bentonică etc. Valoarea biomasei Dunării este strîns legată de aceea a bălților ei cu care realizează un schimb continuu de material anorganic și organic. În general, primăvara, în timpul marilor viituri, apa fluviului se împrăștie în bălți, împingînd apa din acestea

spre șenal în aval, iar toamna sau iarna apa din bălți se scurge în Dunăre, din cauza scăderii nivelului acesteia (tab. 7).

Tabelul 7

Variația unor zooplaneteri în raport de viituri, în lacul Hirșova
(după Prunescu-Arion, L. Tălălău)

Specificație:	Tintinoidee	Protozoare	Rotifere	Copepode		Cladocere
				Nauplii	Adulți	
indivizi/m³:						
— viituri	2 000	1 000	98 000	35 000	17 000	10 000
— ape mici	61 000		57 000	3 000		

Cantitatea planctonului din șenal depinde și de legătura acestuia cu bălțile Dunării. În amonte, numărul indivizilor planctonici din Dunăre este mult mai mare decît în aval (tab. 8).

Tabelul 8

Numărul indivizilor de fito- și zooplancton în litru din șenalul dunărean

Specificație	Șenalul, în raport cu gîrla bălții Nedeia:		Balta Nedeia
	amonte	aval	
Fitoplancton (indivizi/l):			
Diatomeae	212 860	1 124 700	1 204 350
Clorophyceae	42 920	75 900	38 850
Cyanophyceae	54 520	320 850	191 400
Conjugatae	2 900	2 300	7 300
Total	313 200	1 523 750	1 441 900
Zooplancton:			
Protozoa	8	14	24
Rotifera	46	402	384
Copepoda	28	602	759
Cladocera	—	24	21
Total	82	1 042	1 188

În amonte de fiecare gîrlă care leagă șenalul de bălțile din Lunca Dunării se găsește o abundență de hrană planctonică. Situația este asemănătoare și pentru bentosul șenalului din amonte de gîrlele de legătură. Adesea însă, peștii din șenal intră în bălți pentru a se hrăni. Un loc deosebit de favorabil pentru hrana peștilor din Dunăre sînt brațele Chilia, Sulina, Sf. Gheorghe. Din bălțile Deltei intră în canale o cantitate importantă de organisme planctonice, care servesc ca hrană peștilor planctonofagi din canal:

Pe brațul Sf. Gheorghe:

— înaintea canalului Litcov . . . . 8 960 000 exemplare/m³;
— în canalul Litcov . . . . . 16 050 000 exemplare/m³;
— după canalul Litcov (aval) . . . . 22 389 000 exemplare/m³.

Din cauza acestui aport de hrană planctonică din bălți, cantitatea de plancton crește în lungul canalelor deltei, astfel:

— la Ceatalul Sf. Gheorghe pe Sulina . . . . . 16 070 000 exemplare/m³;
— în dreptul comunei Gorgova pe canalul Sulina . . . . . 21 216 600 exemplare/m³;
— în dreptul comunei Crișan . . . 46 058 700 exemplare/m³;
— la Sulina, mila 2 . . . . . 54 501 900 exemplare/m³.

Acest fenomen de creștere a hranei în șenal și brațele Deltei, în urma legăturilor pe care acestea le au cu bălțile Dunării, explică de ce în special în canalele Deltei se găsește o mare aglomerare de puiet de pește (albitură, sturioni, șalău, somn etc.).

Calculul biomasei totale (planctonice și bentonice) din șenal și din brațele Deltei arată că valoarea acesteia este mult mai mare decît producția de pește pe care ar putea-o hrăni și că, în mod normal, rămîne un exces de hrană nevalorificată în Dunăre. Aceasta a și permis să se introducă în apele Dunării (deocamdată mai mult în bălțile ei) o serie de specii fitofage (pești originari din China), care valorifică și unele rezerve de hrană, rămase disponibile în urma peștilor autohtoni, dar care dăunează stufului.

Lunca inundabilă

Zona de sol aflată în afara albiei minore a Dunării, care în timpul marilor viituri de primăvară poate fi acoperită cu apă, cît și formațiunile permanente sau temporare de aici aflate sub apă, constituie *lunca inundabilă*. Ea se întinde mai ales pe partea stîngă a Dunării, pe tot cursul ei, dar deosebit de importantă este această formațiune pentru țara noastră. Acum cinci decenii ea ocupa o suprafață de peste 460 000 ha. Astăzi este redusă la mai puțin de jumătate, ca urmare a amenajărilor agricole și a desecărilor de bălți care au avut loc în ultimii ani. Din suprafața actuală a luncii circa 40% este ocupată de bălți permanente și stufăriș, 40% sînt terenuri inundate periodic, iar restul de 20% sînt terenuri rar inundate, folosite mai ales pentru pășuni, sau unele acoperite de păduri de sălcii.

Majoritatea bălților din stînga Dunării au fundul mai ridicat decît nivelul minim al fluviului (etiajul), pe cînd bălțile din deltă au fundul mai adînc decît etiajul. Ca urmare, în timpul viiturilor, apa fluviului se revarsă în toate aceste bălți, iar în timpul nivelurilor scăzute de toamnă și iarnă apele din luncă și bălți (care nu au amenajări de control al apei) se scurg în fluviu și pot complet seca, pe cînd cele din deltă nu seacă niciodată (fig. 59).

Regimul hidrologic al Dunării este factorul cel mai important care determină specificul formațiunilor din luncă. Viiturile de primăvară imprimă regimul hidrologic și biologic al luncii. Dacă acestea sînt prea timpurii și temperatura apelor este sub 15°C, atunci în bălți nu se reproduc decît peștii răpitori (știucă, biban, ghiborț) și de mică valoare economică (februarie—martie); dacă viiturile sînt prea tîrzii și apele sînt prea calde (peste 20°C), atunci este favorizată reproducerea linului, ca-

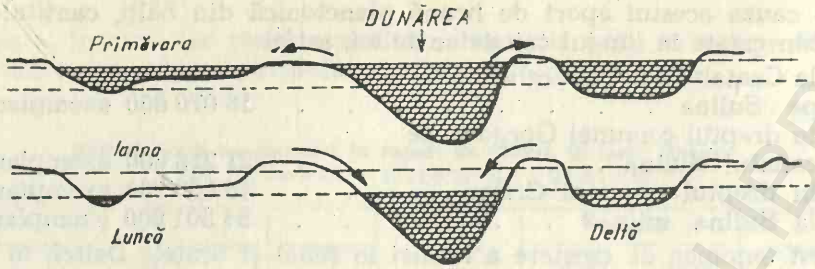


Fig. 59. Mecanismul de umplere și golire a bălților din Lunca Dunării.

racudei, roșioarei. Numai în cazul cînd viiturile sînt în lunile aprilie și mai ales mai și vin treptat, cu ape peste 15°C, dar sub 20°C, se întrunesc condiții care favorizează reproducerea crapului, șalăului, plăticii, somnului etc., adică a peștilor cei mai valoroși. În cazul viiturilor din aprilie—mai o parte a vegetației din luncă se dezvoltă și filtrează apa de suspensiile nevaloroase, fără a-i schimba componența minerală.

Apele, primăvara, duc în luncă o cantitate însemnată de oxigen, care este însă destul de repede utilizată de bacteriile ce descompun materiile organice care rezultă din resturile vegetale moarte de peste iarnă sau omorîte prin asfixiere de către apa viiturilor. În perioadele de iarnă și primăvară cantitatea de substanțe organice din luncă este foarte ridicată și, drept urmare, procesele de oxidare bacteriană foarte puternice (fig. 60). Dar, paralel cu degradarea substanțelor organice, procesul de mineralizare este foarte accentuat și în ape apar sărurile nutritive, azotații și fosfații, în cantitatea cea mai mare. Ca urmare, se dezvoltă o floră puternică în ape (buruiana apelor: *Vallisneria, Elodea, Potamogeton* etc.) și pe marginea lor (flora „dură"), care, însă, furnizează apelor o mare cantitate de oxigen prin asimilație clorofiliană. Tot primăvara se dezvoltă fitoplanctonul și, în funcție de el, zooplanctonul și peștii (puiet).

În bălțile din Lunca Dunării elementul vegetal cel mai important este dat de plantele submerse — macrofitele —, care alcătuiesc o serie de fitocenoze caracteristice, pe care apoi trăiesc o mulțime de animale.

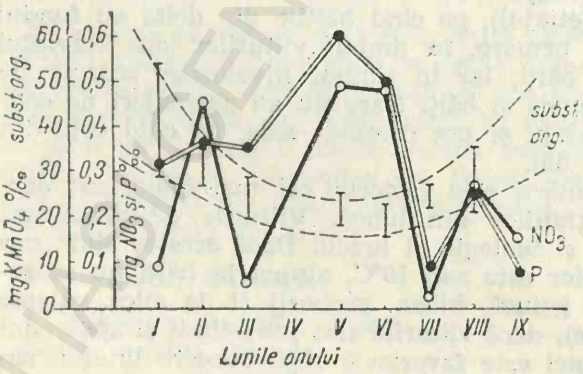


Fig. 60. Raportul dintre materia organică, azotați și fosfați în Dunăre, pe perioada ianuarie-septembrie.

Bentosul bălților din luncă are la bază biotopuri diferite și, în consecință, biocenoze diferite. Foarte răspîndit este faciesul nisipos (cu variante nisip-mîl, nisip-scrădiș), resturi de cochilii (nisip-detritus), cît și faciesul mîlos (mîl-scrădiș, mîl-detritus) (tab. 9).

Tabelul 9

Biomasa bentonică a bălții Greaca, pe faciesuri $\left(\frac{kg/ha}{\%}\right)$

Faciesul:	*Chironomidae*	*Oligochaeta*	Diferite	Biomasa totală
— argilonisipos	42,784 / 51	18,500 / 22	92,153 / 26	83,401
— argilos cu scrădiș	30,812 / 25	47,521 / 38	45,775 / 37	124,108
— mîlos (mineralizat)	59,812 / 54	34,840 / 32	16,130 / 14	110,796
— detritic	43,430 / 60	27,289 / 38	1,231 / 2	71,850

Fauna caracteristică a bentosului este alcătuită din: oligochete, hirudinee, lamelibranhiate, gasteropode, briozoare, filopode, ostracode, copepode, decapode, myside, cumacee, isopode, gammaride, corophiide, larve de insecte, efemeroptere, odonate, coleoptere, trichoptere, tendipedide, hidracarieni etc.

De cantitatea de hrană din bălți depinde productivitatea lor piscicolă. Cercetări făcute de A. Nicolau și Ec. Popescu au arătat că în diferitele bălți ale luncii productivitatea piscicolă este foarte diferită, dar că pentru aceeași baltă ea depinde de producția de plancton (fig. 61), iar acesta este în funcție de existența elementelor nutritive (NO_3 și P) din apă, a căror cantitate depinde de felul și data viiturilor Dunării. În acest fel se corelează, deci, producția piscicolă a bazinelor din luncă, cu viiturile Dunării. De acest lucru trebuie să se țină seama în amenajările speciale în scopul obținerii unei productivități maxime pentru fiecare baltă.

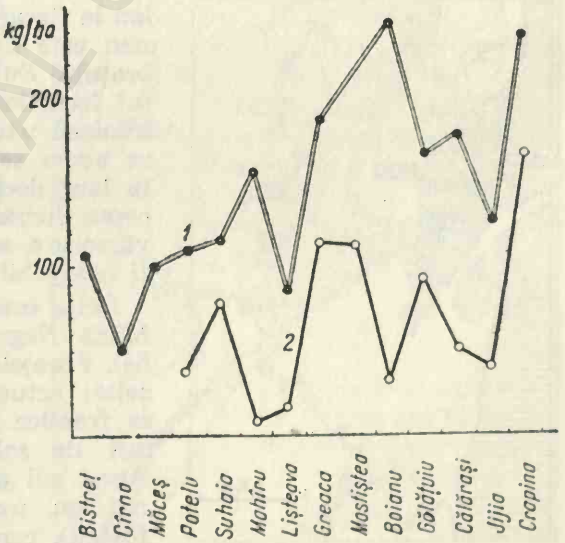


Fig. 61. Raportul dintre plancton și cantitatea de pește recoltat în diferite puncte ale Dunării:
1 — producția de plancton; *2* — recolta de pește (1949—1952).

În bălțile din Lunca Dunării producția cea mai însemnată de vegetale nu este dată de fitoplancton ci de plantele mari submerse, de macrofite. Cantitatea mare de materie organică pe care acestea o dau este un factor negativ al producției piscicole, deoarece peștii de aici, în afară de *Ctenopharingodon* (nou introdus), nu se hrănesc cu astfel de vegetale. Dar valoarea acestei materii organice este importantă prin gradul ei sporit de mineralizare și cantitatea rezultată din săruri nutritive, care sînt apoi utilizate de fitoplancton, de zooplancton, de bentos și, în final, de pești. Viiturile Dunării influențează întreg acest proces, prin aportul lor în substanțe minerale, în oxigen, prin faptul că creează locuri propice reproducerii pentru majoritatea peștilor autohtoni din șenalul dunărean.

Delta

La aproximativ 60 km în aval de Galați începe Delta, prin ramificarea ei în două brațe: Chilia înspre nord și Tulcea înspre est. După 19 km brațul Tulcea se desparte din nou în brațul Sulina și brațul Sf. Gheorghe. Între brațul Chilia (la nord) și brațul Sf. Gheorghe (la sud) se întinde delta propriu-zisă a Dunării.

Delta constituie cea mai nouă formațiune a reliefului din țara noastră care se mărește an de an, datorită depunerilor de suspensii la contactul Dunării cu Marea Neagră. Acest fenomen se observă mai bine în delta secundară a brațului Chilia, care transportă cea mai mare cantitate din apa totală a Dunării și care, pe hărțile făcute de Gr. Antipa, se poate observa cum crește în medie cu 4—6 km la fiecare deceniu (fig. 62). Acest fenomen este deosebit de vizibil la vărsarea brațului Sulina în mare. După plasamentul farurilor se poate vedea cu cît a fost împinsă vărsarea Dunării spre mare, care acum se găsește la peste 12 km mai în larg decît a fost la 1857, cînd au început lucrările de amenajare a gurii de vărsare a acestui braț în mare, pentru a fi navigabil (fig. 63).

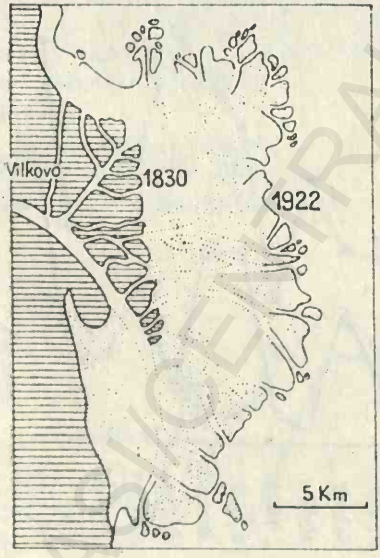


Fig. 62. Înaintarea deltei în dreptul brațului Chilia între anii 1836—1922 (după C. Brătescu).

Delta este situată într-un vechi golf al Mării Negre, care a fost colmatat (fig. 64). Forajele făcute în diferite puncte ale deltei actuale arată existența unor pînze freatice la diferite adîncimi și structuri de soluri provenite din colmatări. Acest sol al deltei actuale este impregnat cu multe săruri biogene (azotați, fosfați), care pot să se dizolve în apă și să dea cantitatea necesară în astfel de săruri apelor, în care se dezvoltă flora (micro- și macro-).

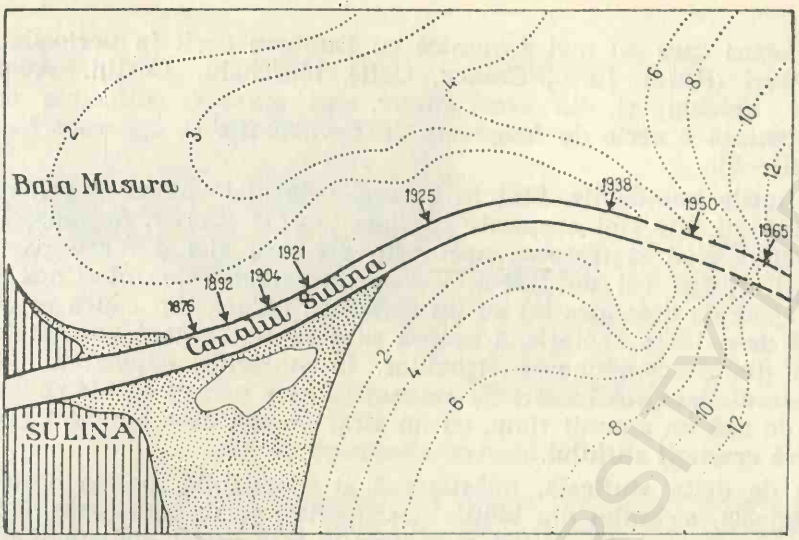


Fig. 63. Înaintarea canalului Sulina, între anii 1876—1965 (după I. Petrescu).

În Deltă se pot deosebi *ape curgătoare,* cum sînt brațele Dunării (continuarea șenalului), apoi *gîrlele,* care leagă brațele de diferitele lacuri, *canalele artificiale,* săpate în general perpendicular pe direcția de curgere a fluviului (primele au fost săpate de Gr. Antipa). Grație acestor legături apa șenalului poate pătrunde pînă în ultimele ramificații de ape stătătoare din deltă, primenindu-le și aducîndule sărurile nutritive necesare. *Lacurile* (sau ghiolurile) al căror fund este de obicei sub nivelul mării (pînă la 3 m), unele bine alimentate cu apă din șenal (Obretinul, Gorgova, Fortuna, Isacova, Uzlina, Iacob, Puiuleț, Puiu, Lumina, Dranov, Matița), care nu prezintă deficite de oxigen; altele sînt insuficient alimentate din care cauză parțial sînt împotmolite și invadate de vegetație sau de plaur (Tătaru, Purcelu, Lungu, Meșter, Gherasimova, Răducu, Tatanir, Băclănești, Roșu, Roșuleț, Erenciuc, Rotundu, Merheiul Mic); în sfîrșit, mai sînt

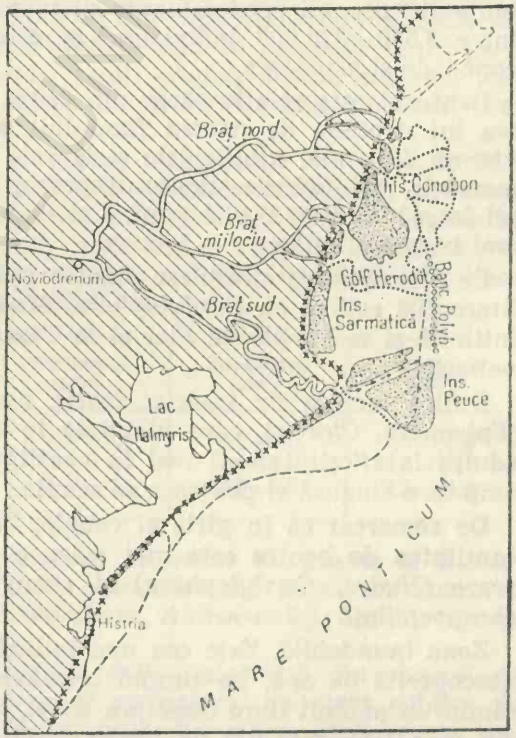


Fig. 64. Evoluția Deltei Dunării (după I. Petrescu).

unele lacuri care nu mai comunică cu Dunărea decît în perioada marilor viituri (Podul Roşu, Cazacu, Cofiş, Marchelu, Costin, Avereanu, Durnoi, Belciug) şi, din acest motiv, sînt aproape colmatate cu mîl care prezintă o serie de fenomene de fermentaţie şi apa este foarte acidă (*p*H=5).

Terenurile inundabile. Sînt în general cele mai valoroase pentru cultura stufului. Ele sînt acoperite cu flora „dură" *(Carex, Scirpus, Typha, Phragmites* etc.) şi trecerea apei prin ele lasă aici o mare parte din suspensii (joacă rol de filtru). Terenul inundat este mlăştinos şi, ca atare, apele de deasupra lui au un deficit în oxigen din cauza proceselor intense de oxidare bacteriană asupra substanţelor organice vegetale care rezultă din descompunerea rizomilor. În stufăriile exploatate regimul apei este dirijat prin lucrări de amenajare care permit ca ele să fie acoperite de apă un anumit timp, cu un strat de apă de o anumită grosime, necesară creşterii stufului.

Faţă de delta stuficolă, mlăştinoasă şi inundabilă, pe de o parte şi cea piscicolă, alcătuită din bălţile neacoperite, pe de altă parte, sînt necesare un complex de măsuri care trebuie însă astfel dirijate încît ambele producţii — stuful şi peştele — să fie echilibrate şi optime.

Organismele deltei diferă în funcţie de biotopurile considerate, astfel:

Apele curgătoare. Fitoplanctonul poate varia destul de mult ca număr (130 000—300 000 000 indivizi/m^3 apă), prezentînd două maxime în iunie şi iulie, cu predominanţa diatomeelor. Zooplanctonul variază şi el între 3 500—325 000 indivizi/m^3 şi este alcătuit mai ales din rotifere, copepode şi cladocere.

Bentosul este relativ sărac din cauza curentului puternic dar cantitatea lui depinde de natura fundului: pe funduri nămoloase predomină viermii *Hypania,* tubificidele şi larvele de insecte, iar pe nisipuri gammaridele, tubificidele. Bentosul prezintă variaţii cantitative ale biomasei între 0,253 şi 27 622 g/m^3. Cel mai sărac facies este cel nisipos, cel mai bogat cel mîlos.

Pe pietrele care alcătuiesc digul braţului Sulina se găseşte o biocenoză litoreofilă relictă cu *Cordylophora, Manayunkia, Corphium şi Dreissena,* întîlnită şi la Porţile de Fier şi la Cazane (unde este însă mai bine dezvoltată).

Dintre larvele de insecte, foarte numeroase sînt cele de efemeride *(Ephemera, Cloeon),* care vieţuiesc în acest stadiu 2—3 ani, apoi apar adulţii la sfîrşitul lunii mai în cantităţi uriaşe de indivizi care trăiesc timp de o singură zi pentru a se acupla.

De remarcat că în gîrle şi canale, unde curentul apei este mai slab, cantitatea de bentos este mai mare şi aici se găsesc foarte des hidrozoare *(Hydra, Cordylophora)* şi spongieri *(Ephydatia, Spongilla, Trochospongilla).*

Zona inundabilă. Este cea mai întinsă şi peste iarnă poate fi complet neacoperită de apă. Pe timpul primăverii şi al verii, atunci cînd apele rămîn un anumit timp deasupra zonei, se dezvoltă un fitoplancton bogat, din care 10% este dat de forme dunărene, 40% de formele lacustre şi 50% de forme care s-au dezvoltat din sporii şi germenii locali.

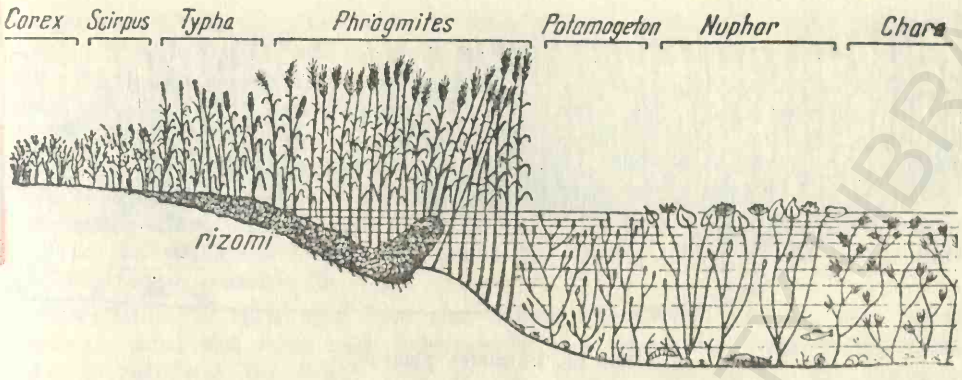


Fig. 65. Stratificația vegetației în lac.

Zona inundabilă este acoperită, de regulă, de flora „dură", în care se amestecă și alte plante hidrofile. Pe tulpinile lor se dezvoltă o mulțime de organisme epibionte (alge diatomee și cyanoficee).

Mlaștinile stuficole. În majoritatea lor rămîn tot anul acoperite cu un strat mic de apă (de 30—50 cm). Aici se dezvoltă foarte mult diatomeele, cloroficeele, conjugatele, dinoflagelatele etc. Cantitativ, acest plancton este mai bogat decît cel din zona inundabilă, din apele curgătoare sau din lacuri. Acest biotop, cu toate că este important pentru stuficultură, nu este încă suficient de bine studiat. Aici se reproduc mulți pești de baltă (babușca, cîrjanca, carasul, linul, crapul, știuca, somnul, plătica etc.) din care se întîlnesc forme de diferite vîrste, dar mai ales tineret.

Alături de stuf *(Phragmites)* se găsesc numeroase alte plante din flora „dură": *Typha, Scirpus, Carex, Poa palustris, Glyceria aquatica, Calamagrostis, Heleocharis, Polygonum amphibium, Alisma, Sagittaria, Sparganium, Myosotis palustris* etc.), alcătuind o anumită zonare a vegetației (fig. 65). În stufăriș își fac cuibul o mulțime de păsări. Biomasa din lacuri depinde de felul lacului, astfel:

Specificație	Fitoplancton (g/m³)	Zooplancton (g/m³)	Bentos (g/m²)
Lacuri bine alimentate	0,5 —4,0	3,0—6,0	1,0—50,0
Lacuri insuficient alimentate	0,5 —2,0	2,0—3,0	0,5—20,0
Lacuri nealimentate	0,01—0,1	0,02—2,0	0,1— 1,0

Japșele. În majoritate sînt colmatate, acoperite de plante și insuficient alimentate cu ape. Se constată o insuficiență în săruri nutritive și prezența plantelor carnivore *(Utricularia, Aldrovanda).* Japșele nu au importanță mare în economia deltei.

Plaurul. Este o formațiune specifică deltei, alcătuită din rizomii de stuf din regiunile mlăștinoase, care se acoperă cu un strat subțire de pămînt (sapropel) și care cresc în înălțime din cauza stufului ce iese mereu din rizomi noi, obținuți prin fragmentarea celor existenți. Rizomii morți intră în putrefacție și, ca urmare, apar gaze care fac ca în-

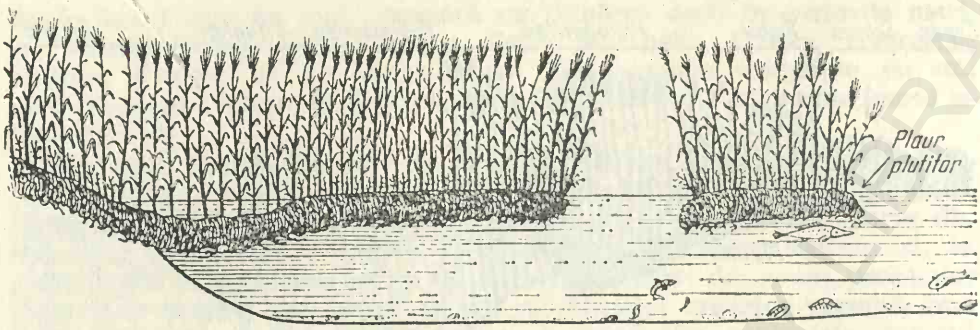


Fig. 66. Formarea plaurului.

treaga pătură de rizomi să fie mai ușoară și să plutească la suprafața apei, împingînd-o din ce în ce mai înspre larg. În unele cazuri, această formațiune se detașază alcătuind insulele plutitoare ale deltei (fig. 66).

Stuful care crește pe plaur este de cea mai bună calitate, deoarece el are întotdeauna suficientă cantitate de apă și substanțe minerale. Dar sub pătura de plaur există ape aproape lipsite de viață, din cauza întunericului, a fenomenelor de descompunere bacteriană care au loc și apariției unor substanțe toxice ce rezultă din putrezirea rizomilor. În schimb, sub insulele plutitoare de plaur se pot adăposti numeroși pești urmăriți de cei de pradă.

La un m² de plaur prof. M. Ionescu a descris: 24 750 indivizi de acarieni, 4 120 de colembole, 621 de ostracode, 550 larve de diptere, 43 de lepidoptere, 60 de coleoptere, 11 de heteroptere, 21 de psocide, 35 de diptere, 87 de himenoptere, 12 larve de pseudoscorpioni, 32 indivizi de izopode, 29 de oligochete, 60 de gasteropode, mii de rotifere, mii de gastrotriche, sute de tardigrade.

Pe acest plaur, ca și în stufărișul fixat, mai trăiesc: mistrețul, vulpea, pisica sălbatică, lupul, vidra, nurca, hermina, pelicani, egrete, gîște etc.

Plaurul are tendința de a se întinde peste apele deltei și astfel să ocupe o suprafață din ce în ce mai mare. Acest lucru trebuie însă reglementat de nevoile stuficulturii și de organizarea unui echilibru piscicol.

În unele cazuri, rizomii rupți de ape și antrenați de vînt în locuri mai liniștite formează un plaur numit *plavie*, deoarece are o structură cu totul alta decît a plaurului de stuf. Dar și plaviile pot tinde să acopere apa, să formeze insule plutitoare etc. Primăvara, cu ocazia viiturilor, adesea insulele de plaur sînt împinse în Marea Neagră, ajungînd uneori pînă în apropiere de Constanța.

ALTE CÎTEVA MARI FLUVII

Amazonul. Este deosebit de lat, mai ales spre vărsare, fiind confundat cu o mare de către cuceritorii spanioli și portughezi. Are cel mai mare bazin hidrografic dintre toate fluviile lumii (7 000 000 km²), iar lungimea fluviului este în jur de 5 000 km. Amazonul formează o deltă enormă la vărsare în Oceanul Atlantic. Fluviu tipic ecuatorial, are ape bogate în

suspensii dar cu un grad mic de mineralizare (sub 200 mg/l). Afluenții numeroși adună apele de pe un teritoriu vast, în permanență udat de ploi torențiale. Străbătînd imensa pădure ecuatorială, apele fluviului conțin detritus organic în cantități mari, iar fitoplanctonul este extrem de diversificat. Numeroasele specii de pești (aparținînd familiilor *Gymnotidae* și *Characinidae*) găsesc o sursă nutritivă permanentă și bogată. Aici trăiește și voracele *Pyrahna*, gata să omoare în cîteva minute chiar animalele mari care înoată în apă. Este cel mai bogat fluviu în ape, debitul său atingînd a treizecea parte din debitul total al rîurilor și fluviilor planetei noastre.

Amurul. Este unul din cele mai vechi cursuri de apă și, din cauza aceasta, unul din cele mai interesante din punct de vedere științific. Are o lungime de 4 354 km și un bazin hidrografic de aproape 2 000 000 km².

În partea superioară, pînă la afluentul Zeia, are aspectul unui rîu de munte; de la Zeia la orașul Habarovsk (unde se varsă fluviul Ussuri) este un fluviu cu fund nisipos și mîlos, cu o lățime în medie de 1 km, cu numeroase insule și canale.

În partea inferioară, de la Habarovsk pînă la vărsarea în Marea Japoniei, este un fluviu lent, cu o lățime de 2—3 km, și trece prin numeroase lacuri, care nu au decît 2—3 m adîncime dar sînt foarte largi. Acest fapt dă întregului său curs inferior un caracter predominant lenitic.

Apele Amurului provin primăvara din precipitațiile musonice, care asigură 80% din cantitatea lor anuală; iarna nu mai are decît 20% din volumul total de ape. Ca urmare, lacurile din partea inferioară sînt primăvara și vara foarte întinse, pe cînd iarna devin mici și se pot chiar izola unele de altele.

S-au descris 99 specii de pești, din care multe sînt relicte terțiare (majoritatea): știuca de Amur, lipanul de Amur, un țipar endemic; dar sînt și forme nordice: *Onchorhynchus keta, O. gorbușca, O. masu, O. nerka* (trăiește în Pacific dar urcă pe fluviu pentru depunerea icrelor); forme chinezești: plătica albă (tolstolob) sau forme sudice: somnul de Amur, *Phiocephalus argus* (un gobiid avînd forme înrudite africane, care pezintă și o respirație aeriană).

Bentosul este bogat, mai ales în partea inferioară. Numai chironomidele reprezintă aici circa 100 de specii și formează peste 25% din întreg bentosul, fiind principala hrană a multor pești. Gasteropodul *Viviparus* a fost găsit în cantitate mare, pînă la 400 indivizi pe m², rezultînd o biomasă de pînă la 3 kg/m², hrană preferată pentru peștii keta și gorbușca.

Producția de pește obținută din Amur reprezintă aproximativ 5% din întreaga producție piscicolă a U.R.S.S.

Din cauza variațiilor mari ale nivelului apei, Amurul are puține plante fanerogame, iar biocenoza tufișurilor este dezvoltată numai în timpul viiturilor de primăvară și vară.

Mississippi. Este fluviul cel mai mare din America de Nord. Are o lungime de 6 540 km, fiind cel mai lung fluviu din lume. Suprafața bazinului măsoară 3 250 000 km². Diferența de nivel de la izvor la vărsare este de 512 m, astfel că fluviul are un curs lin cu numeroase meandre. În drumul său întîlnește o serie de lacuri mari și numeroși afluenți

importanți. Bogat în ape, Mississippi varsă anual în mare peste 593 km³ apă, avînd un debit mediu de 51 000 m³/s. La vărsare formează o deltă întinsă. Din punct de vedere hidrologic, fluviul îndeplinește toate condițiile necesare pentru dezvoltarea organismelor. Fitoplanctonul și zooplanctonul sînt de tip cosmopolit, multe forme lacustre găsind mediu prielnic de dezvoltare. Lipsa hidrocentralelor, a concentrărilor industriale, cît și baza trofică superioară favorizează dezvoltarea unei faune piscicole diversificate. Apele lui sînt în prezent afectate de reziduurile radioactive ale unor reactori și centrale atomo-electrice de pe cursul său.

Nilul. Nilul este cunoscut din cele mai vechi timpuri. A fost divinizat de vechii egipteni pentru binefacerile pe care le aducea, odată cu revărsarea periodică. Fluviul Nil izvorăște din zona ecuatorială a Africii, fiind cel mai lung curs de apă din acest continent. Nilul măsoară în lungime 5 940 km, avînd un bazin hidrografic cu o suprafață de 2 800 000 km². În curgerea sa străbate lacurile Victoria și Albert din care se alimentează cu apă. Datorită ploilor musonice care vin dinspre Oceanul Indian în perioada iunie—septembrie, nivelul apelor crește mereu, iar în unele locuri, mai ales în apropiere de vărsare, depășește cota de inundații și se revarsă peste maluri. Apele Nilului transportă cantități mari de suspensii care se depun la vărsare formînd vestita Deltă a Nilului.

Fluviul are o bogată faună piscicolă, mai ales speciile de *Tilapia* constituind o importantă rezervă de pește a Egiptului. Datorită detritusului organic transportat, ca și imenselor cantități de plancton, Nilul influențează productivitatea Mării Mediterane pe arii largi în zona vărsării.

Obi. Este cel mai mare fluviu al U.R.S.S. și al 4-lea din lume. Are 5 200 km lungime și un bazin hidrografic de aproape 3 milioane km². Izvorăște din Munții Altai și pînă la Novosibirsk are aspectul unui rîu de munte. Poate avea aici o lățime de pînă la 800 m și o viteză de circa 1 m/s, apa conținînd aproximativ 250 mg săruri și suspensii la litru.

În partea mijlocie primește Irkuțk-ul (lung și el de 4 451 km) și ajunge la lățimi de 3 km și adîncimi de 25—30 m. Fundul este consolidat sau nisipos. Primind afluenți din regiuni mlăștinoase, apele sale conțin o cantitate mare de materii organice care iarna, sub gheață, sînt descompuse de bacterii, suferă procese de oxidoreducere, astfel că în apă se ajunge la lipsa de oxigen și la fenomenul de „zamor", adică la moartea în masă a peștilor și organismelor mari.

În partea inferioară lățimea apei ajunge la 4—5 km și la adîncimi de 40 m. Fluviul Obi se varsă în Oceanul Înghețat de Nord printr-un estuar larg și lung de mai multe sute de km.

Biomasa bentosului este săracă, de 13—20 g/m², și este alcătuită din larve de insecte, crustacei, *Unio, Viviparus*.

S-au descris peste 300 de specii de nevertebrate și 42 specii de pești (lostriță, somon, sturion). Somonul pescuit aici acoperă jumătate din producția întregii Siberii. În porțiunea sa inferioară s-au descris specii relicte, ca: *Mesidothea entomon, Mysis relicta*.

Volga. Este cel mai mare fluviu al Europei, avînd 3 690 km lungime, bazinul său hidrografic cuprinzînd 1/3 din suprafața europeană a U.R.S.S. Are 200 de afluenți însemnați, dintre care cei mai mari sînt Oka și Kama.

Partea superioară, pînă la confluența cu Oka, trece prin multe regiuni mlăștinoase, cu ape curate și acide. Apa conține circa 150 mg săruri și suspensii la litru. Construcția de baraje a transformat unele părți ale fluviului în adevărate mări interioare („marea" Rîbinsk).

Partea mijlocie între Oka și Kama este deja un fluviu lat, pînă la 2 km, cu fundul nisipos, consolidat. Apa conține pînă la 225 mg săruri și suspensii la litru.

Partea inferioară, între Kama și Caspica, este un fluviu lent, cu multe meandre, are lățimea adesea mai mare de 2 km și adîncimi între 20 și 30 m. Apa conține peste 250 mg săruri/l și multe suspensii. În această porțiune apele fluviului sînt unite cu Donul, formînd un lac de baraj foarte mare (Țimleansk).

Apele Volgii provin mai ales din topirea zăpezilor și ghețurilor. Ele varsă în Marea Caspică pînă la 700 km^3 de apă anual. În timpul viiturilor de primăvară lunca ei poate fi inundată pe o lățime de pînă la 40 de km. În regiunea ei superioară și mijlocie apele pot îngheța timp de 3—4 luni pe an.

În apele fluviului se găsesc organisme cosmopolite (majoritatea fiind reprezentate de larve de insecte) dar și forme de origine caspiană *(Dreissena polymorpha, Mysidae)* sau chiar nordice.

În potamoplancton s-au identificat circa 90 specii de alge și 100 specii de organisme animale. Fitoplanctonul dominant primăvara și toamna este al diatomeelor, iar vara al clorophyceelor; zooplanctonul este dominat de rotifere și larve de *Dreissena.*

În bentosul fluviului se cunosc 15 specii de plante mari și peste 400 specii de animale. Biocenoza cea mai însemnată este aceea a nisipului-mîlos, care are cea mai mare întindere și o biomasă de aproximativ 10 g/m^2, dar în partea inferioară (în deltă) aceasta ajunge pînă la 350 g/m^2.

În tot bazinul Volgii se cunosc 74 specii de pești dintre care 29 sînt industrializabile: vimbla, plătica, crapul, avatul, șalăul, linul, văduvița, rizeafca, somnul, nisetrul, morunul ș.a. Multe urcă apele pentru a depune icrele în locuri ferite.

În urma construcției de baraje cursul fluviului se va regulariza, astfel că vor dispare deosebirile de debit dintre primăvară și vară sau iarnă. Probabil, se va uniformiza și fauna piscicolă, iar migrațiile anadrome vor dispare.

Capitolul VII

APELE STĂTĂTOARE

În categoria apelor stătătoare sau *stagnante* sînt considerate lacurile, eleșteele, bălțile, mlaștinile și lacurile de baraj. Comparativ cu apele curgătoare, cele stătătoare se caracterizează prin:

— bazin determinat și puțin variabil;

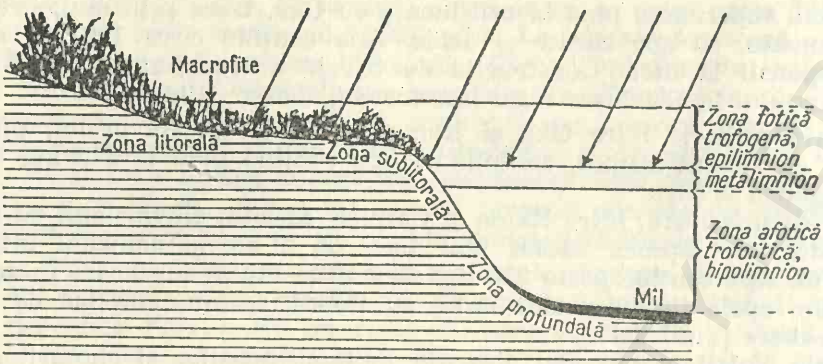


Fig. 67. Secțiune printr-un bazin lacustru.

— constanță relativă a nivelului apei;

— tendința de colmatare, care se desăvîrșește în timp;

— dinamică redusă, datorită dimensiunilor relativ mici;

— echilibru chimic, datorită circuitului specific intern al substanțelor etc.

Existența bazinelor de apă stătătoare se datorează unei surse permanente de aprovizonare, fie din pînza freatică, fie din apele curgătoare care se varsă în ele. Regimul precipitațiilor are un important rol pentru menținerea nivelului apei în lacuri. Un anumit echilibru se stabilește și între cantitatea de apă care intră în bazin și aceea care iese din bazin prin scurgere și evaporație. Dacă din bazinul de apă stătătoare se pierde o cantitate mai mare de apă decît intră, cu timpul el dispare.

În funcție de mărime, cît și de o serie de alte caracteristici (fizico-chimice, biologice), se disting mai multe formațiuni de ape stagnante.

Lacul. Constituie formațiunea cea mai stabilă de ape stătătoare. Întinderea și adîncimea lui îi conferă un oarecare grad de dezvoltare de sine stătător. Sub raport biologic, în lac se disting cel puțin două zone și anume (fig. 67):

— *zona litorală*, acoperită de vegetație de mal și subacvatică, denumită și zonă *trofogenă* sau *fotică* — epilimnion;

— *zona profundă*, lipsită de lumină, acoperită de mîl la fund, în care trăiesc numeroase bacterii, denumită adesea și zonă *trofolitică* sau *afotică*, populată cu animale care consumă materia organică produsă în zona superioară — hipolimnion.

Între aceste zone există o pătură de apă de o grosime mai mică — metalimnion — în care saltul termic este foarte brusc și care dă zonei de adîncime (hipolimnion) o constanță a condițiilor de mediu destul de mare. La noi în țară doar cîteva bazine pot fi încadrate în categoria de lac propriu-zis (lacurile Snagov, Bucura). În alte țări ca Finlanda, R.P. Polonă, R.F. Germania, R.D. Germană ș.a. densitatea lacurilor este destul de mare, ele ocupînd adesea o bună parte din teritoriul țării.

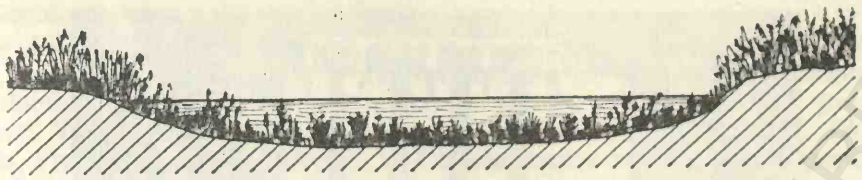


Fig. 68. Balta.

Balta (fig. 68). Este o întindere de apă stagnantă, a cărei adîncime mică permite instalarea florei pe aproape întreaga zonă de fund. Bălțile, în general, nu au nivelul constant, acesta fiind dependent de debitul sursei care o alimentează. Bălțile din luncile inundabile ale fluviilor pot seca în timpul cînd fundul lor ajunge deasupra nivelului minim al apei curgătoare. În verile secetoase regimul chimic și biologic al bălții se modifică mult în raport cu acțiunea factorilor meteorologici. Bălțile din apopierea marilor fluvii constituie rezerve importante de materii organice pentru acestea.

Iazul (fig. 69). Rezultă din instalarea unui baraj pe cursul unui rîu mic, executat de obicei de către om în scopul utilizării apei în exploatarea unor instalații mecanice simple (mori, ferăstraie, piue). Regimul hidric și fizico-chimic al iazului se aseamănă mult cu cel al rîului, dar din cauza stagnării relative a apei, se pot instala aici și unele forme de organisme tipic limnicole.

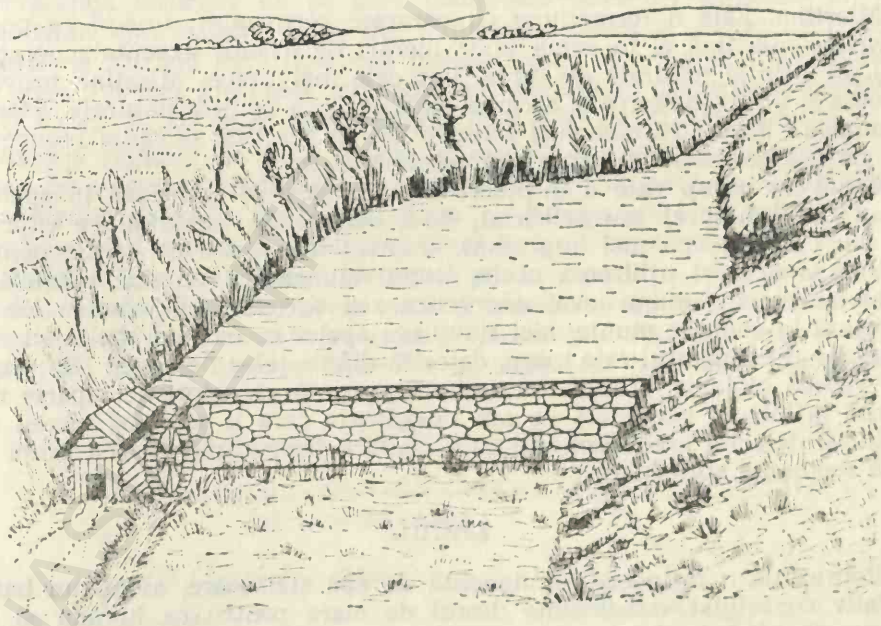


Fig. 69. Iazul.

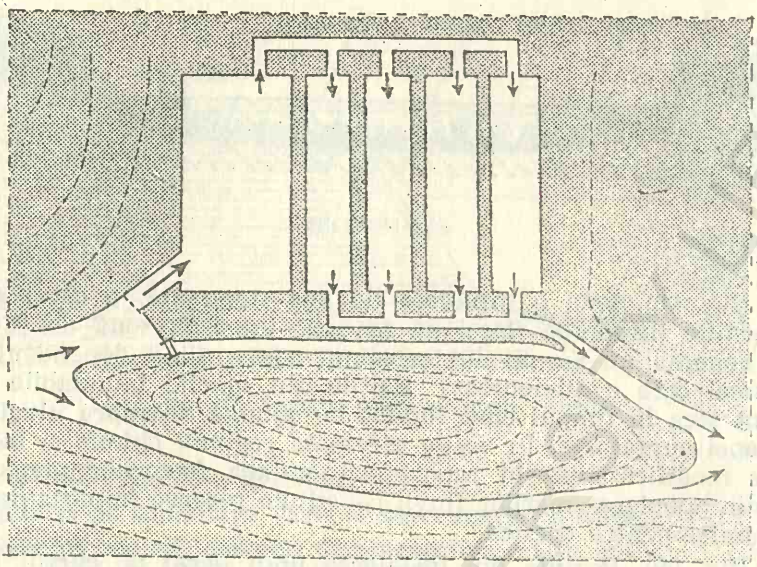


Fig. 70. Eleșteul.

Eleșteul (fig. 70). Este o formațiune artificială cu caracter permanent, cu posibilități de reglare a nivelului și chiar de desecare completă în raport de necesități. Eleșteul se folosește în general pentru cultura semiindustrială a peștelui. Prezintă avantajul controlului și dirijării proceselor interne de către om.

Mlaștina. Este o formațiune cu caracter permanent; uneori se poate forma o mlaștină și în urma unor lucrări de irigații executate nerațional. Mlaștinile naturale de turbă sînt cele mai tipice. Mlaștina provine adesea și din colmatarea și secarea lacurilor și a bălților naturale. Posedă sedimente bogate în nămoluri terapeutice. În practică se caută reducerea în măsura posibilului a suprafețelor înmlăștinate.

Lacul de baraj. Este o întindere de ape care se formează în spatele unui baraj natural sau artificial, de-a curmezișul unei văi ce cuprinde un curs de apă mai important. Oamenii au construit baraje pentru reținerea apei și utilizarea ei în scopul alimentării cu apă potabilă a orașelor mari, pentru nevoi energetice sau agricole. Majoritatea lor se situează în zona de munte; aici stăvilirea apelor se face cu cheltuieli mai mici iar randamentul este mare, datorită diferențelor de nivel. Din punct de vedere biologic, această formațiune prezintă caracteristici aparte datorită influenței exercitată de apa curgătoare care îi schimbă mereu nivelul și datorită noilor condiții care conferă formațiunii caracteristici de apă stagnantă spre fund.

LACUL

Reprezintă o întindere permanentă de apă stătătoare, avînd un bazin relativ consolidat, o adîncime destul de mare pentru ca lumina să nu pătrundă pînă la fund, un regim termic caracterizat prin stratificații și cu o zonă trofogenă la suprafață și una trofolitică la adîncime.

Lacul, ca origine, poate fi diferit:

— *lacuri de origine glaciară,* situate fie în circuri glaciare actuale (Urlea — în Făgăraș, Zănoaga — în Retezat), fie în văi glaciare (complexul de lacuri Bucura din Retezat), fie în văi barate de morene glaciare (Tăul Verde din Parîng). În regiunile nordice ale Europei (Westfalia, Finlanda), apoi în Siberia, în Canada, multe lacuri sînt din perioada glaciațiunilor cuaternare;

— *lacuri de baraje naturale* (Lacul Roșu, Bălătăul);

— *lacuri vulcanice,* formate în craterele vulcanilor stinși (Lacul Sf. Ana);

— *lacuri datorită mișcărilor orogenetice ale scoarței,* cînd se formează depresiuni în care se acumulează apele izvoarelor sau cele meteorice (ploi, ninsori);

— *lacuri prin solvarea unor roci* sau *prăbușirea unor formațiuni carstice* (mine de sare, de gips, peșteri) (lacul Slănic, Preboi);

— *lacuri prin „îmbătrînirea" rîurilor sau fluviilor* și meandrizarea lor. Ele apar mai ales în lunci (dar nu au caracteristici de lac adevărat);

— *lacuri prin cordoane litorale ale mărilor,* care pot separa un golf, îl pot închide și, cu vremea, formează un lac (Tatlageac, Siutghiol).

Sub raportul bilanțului hidric, pot fi lacuri *cu scurgere,* din care o parte a apei iese din bazin (Ladoga, Snagov, Bucura), și lacuri *fără scurgere* (Aral, Techirghiol, Sf. Ana). Cele dintîi au un plus de apă care se revarsă la exterior, celelalte se găsesc în echilibru în ceea ce privește apa intrată și cea evaporată (sau ieșită în altă formă: infiltrații).

Suprafața lacurilor de pe glob însumează circa 2,7 milioane km² și reprezintă aproximativ 1,8% din suprafața uscatului, avînd un volum estimat la 250 000 km³. Cele mai întinse lacuri sînt: Lacul Ciad (Africa) de circa 100 000 km² (dar cu suprafața variabilă); Lacurile Superioare (S.U.A.) cu 80 300 km²; Lacul Baikal (U.R.S.S.) cu 31 500 km² etc.

Asupra regiunii de țărm (faleza și malul) apa lacului exercită o acțiune de măcinare continuă. Ca urmare, țărmul nu este fix. Stabilitatea lui relativă depinde de amplitudinea și direcția mișcării valurilor, de structura rocilor care îl alcătuiesc. Cînd linia de țărm este joasă și puțin înclinată, o mică modificare de nivel poate duce la o schimbare în suprafața lacului (fig. 71). Prin acțiuni mecanice apa poate disloca din țărm o serie de materiale pe care le poate apoi depozita înspre adînc. Variațiile termice (călduri excesive și înghețuri periodice) macină, de

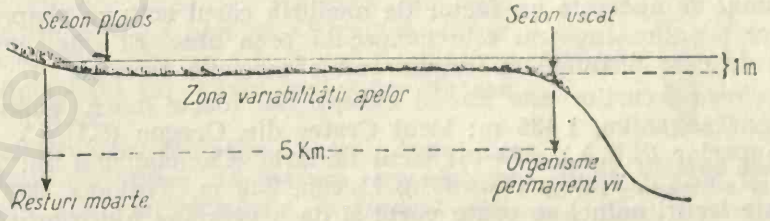


Fig. 71. Variațiile de nivel ale lacului în funcție de precipitații.

asemenea, rocile de țărm. Ca urmare, în lacuri găsim depozite diferite, care, după P. Welch (1952), pot fi:

Depozitele de materiale omogene (de alcătuire uniformă):

— *de natură anorganică:* bolovani mari; pietriș neregulat, pietriș mărunt; nisip cu bob mare; nisip fin; marne cu carbonat de Ca;

— *de natură organică:* detritus, mai ales vegetal, de mărimi diferite; tramă fibroasă de plante, încă recunoscibile; pastă de resturi vegetale nerecunoscibile (adesea fluidă); mîl negru, de consistență variabilă și cu intense procese de descompunere.

Depozite de materiale heterogene (din două sau mai multe feluri de materiale):

— *aluviuni* aduse de apele curgătoare ce se varsă în lac și alcătuite din diferite materiale sedimentare (anorganice și organice);

— *combinații diferite* din două sau mai multe tipuri de materiale din depozitele omogene, care fiecare mai pot fi încă de recunoscut.

După natura depozitelor și felul stratificației lor se poate aprecia vîrsta relativă a bazinului și a modului de colmatare. Dacă există o alternare de pietriș și mîl, înseamnă că alături de ape în puhoaie (care au fost provocate de ploi abundente ce au antrenat de pe coaste pietre diferite) au existat și ape liniștite (care au adus un mîl ce provenea ca granule fine din foarte slabele ploi ce se scurgeau încet de pe pante).

FACTORII MEDIULUI LACUSTRU

Totalitatea factorilor fizici, chimici și biologici care acționează într-un lac constituie cadrul în care își desfășoară viața organismele vii ale bazinului.

Factorii fizici. *Masa de apă* reprezintă spațiul în care se dezvoltă viața. De mărimea acestui spațiu depinde natura biocenozelor, mărimea indivizilor, deplasarea organismelor (gradul de mobilitate), formarea cîrdurilor (posibilitatea de asociere), cantitatea de produse sexuale etc.

Se cunosc cazuri cînd indivizii unei aceleeași specii în bazine mici au o talie mai mică decît în bazine mai mari *(Astacus)*. Un bazin mic (un lac de munte) permite o dezvoltare limitată de forme acvatice, de talie relativ mică, ce trăiesc mai mult individual, iar cantitatea produselor sexuale nu este prea mare. Un bazin mare (de exemplu, Baikalul) permite dezvoltarea a foarte multe asociații de organisme, creșterea unor indivizi de talie mare care se asociază în cîrduri și care depun cantități foarte mari de produse sexuale.

Volumul de apă este un factor de mediu a cărui acțiune asupra organismelor acvatice încă nu este cunoscută prea bine. El este similar cu spațiul de care dispune un individ sau o asociație terestră.

Adîncimea lacurilor este numai excepțional foarte mare. Baikalul are 1 706 m; Tanganika, 1 435 m; lacul Crater din Oregon (S.U.A.), 608 m; lacul Superior (S.U.A.), 393 m; lacul Ontario (Canada), 237 m; Ladoga, 250 m și Issîkul, 702 m (U.R.S.S.); Huron, 236 m; Titikaka, 304 m etc. În aceste lacuri adînci se poate vorbi și de o *presiune hidrostatică*, a cărei acțiune se exercită înspre adîncuri (la fiecare 10,5 m presiunea crește

cu o atmosferă). Ca urmare, și densitatea apelor crește cu adîncimea, astfel:

— la suprafață = 1,0000; presiunea = 1 atm;
— la 100 m = 1,0005; presiunea = 10 atm;
— la 200 m = 1,0010; presiunea = 20 atm;
— la 300 m = 1,0015; presiunea = 30 atm;
— la 500 m = 1,0024; presiunea = 50 atm;
— la 1 000 m = 1,0044; presiunea = 100 atm;
— la 1 500 m = 1,0080; presiunea = 150 atm.

Studiul acțiunii presiunii hidrostatice este foarte greu de făcut în laborator. Aici se compresează apa și gazele, ceea ce în natură nu se produce. În natură, presiunea gazelor este la orice adîncime egală cu aceea de la suprafață (fig. 72), din cauza difuziei libere. Organismele care trăiesc la marile adîncimi sînt adaptate presiunii hidrostatice, ele avînd apa din corp la aceeași presiune hidrostatică cu apa din exterior. Numai dacă un astfel de organism este scos brusc de la marile adîncimi, atunci lichidul din interior, aflat în suprapresiune, se depresează brusc spărgînd celulele, vasele, organele animalului, începînd din interior spre exterior și provocînd moartea acestuia (cazul peștelui din Baikal). Dacă se supun animale de suprafață la mari presiuni, apa de la exterior pătrunde în celule, vase, organe provocînd, de asemenea, spargerea acestora, dar din exterior spre interior.

Modificările de nivel care pot surveni la diferite lacuri, fie ca urmare a evaporației intense, fie a aportului redus de ape externe, au consecințe importante asupra zonei litorale, trofogenă. Ca urmare, o mare cantitate de materie organică (plante) rămîne emersă, se usucă sau putrezește. În bună parte ea se mineralizează sub acțiunea soarelui. Dar lipsa unor plante din economia lacului duce și la diminuarea oxigenului produs prin asimilația clorofiliană; acestea contribuie în largă măsură la creșterea volumului util de ape. Astfel de modificări de nivel se produc mai ales la lacurile cu zona litorală foarte puțin înclinată. Un exemplu tipic este lacul Ciad care în perioada ploioasă poate avea o suprafață de circa 100 000 km², iar în perioada secetoasă suprafața se reduce aproape la jumătate, avînd o diferență de nivel abia de 2 m.

Greutatea specifică a apei este de 775 ori mai mare decît a aerului. Ca urmare, corpurile sînt scoase spre suprafață cu o forță cu atît mai mare cu cît greutatea lor specifică este mai apropiată de aceea a aerului. Corpurile se vor menține cu atît mai ușor în stare de plutire, cu cît înglobează un volum mai mare de aer în interiorul lor.

Vîscozitatea apei lacurilor variază destul de mult, după cantitatea de materii organice și anorganice aflate în suspensie. În general, vîscozitatea scade cu creșterea temperaturii.

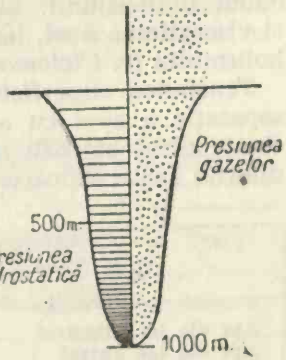


Fig. 72. Raportul dintre presiunea hidrostatică și presiunea gazelor, în funcție de adîncime.

De densitatea și vîscozitatea apei depinde fenomenul de plutire liberă. Corpul organismelor submerse este împins în sus cu o forță egală cu greutatea apei dislocuite (principiul lui Arhimede), iar volumul apei dislocuite depinde direct de densitatea ei. Acest lucru este important mai ales pentru organismele planctonice și nectonice.

Rezistența pe care o opune apa mișcărilor de înot depinde și de vîscozitatea și densitatea acesteia. Ca urmare, organismele acvatice au căpătat o formă alungită (fusiformă), care întîmpină cea mai mică rezistență de înaintare. Dat fiind că rezistența la înaintare este, totuși, de aproximativ 100 ori mai mare ca în aer, toate animalele acvatice superioare au mușchi puternici. Forma alungită ca un fus este un rezultat al adaptării. Calculele matematice și fizice arată că ea prezintă cea mai mică rezistență în apă și creează cei mai puțini curenți de convecție posteriori, care se opun înaintării prin aspirația ce o exercită asupra corpului respectiv. Există o relație matematică între lungimea corpului și secțiunea sa maximală. Cel mai bun înot și cei mai puțini curenți de convecție se obțin la o formă a cărei secțiune transversală maximală se găsește la 36% din lungimea totală a corpului.

În ape menținerea în starea de plutire liberă depinde de relația dintre greutatea lor specifică (greutatea lor supra greutatea volumului de apă dislocuit) și densitatea apei înconjurătoare. Și în cazul organismelor bentonice poziția verticală depinde de aceleași relații. Pentru realizarea acestor poziții, organismele acvatice dispun de o serie de mecanisme de plutire: bule de aer sau de grăsime, secreții mucoase, reducerea materialului solid (scheletic), imbibiția țesuturilor cu apă, mărirea suprafeței corpului pentru a opune o frecare mai mare la cădere (antene, tentacule, branhii externe, peri, spini, cili, pseudopode etc.). În unele cazuri pot apare „structuri hidrofuge", cum este plastronul unor larve de insecte care se „suspendă" de pătura de apă (forța de tensiune superficială).

Variația temperaturii lacurilor determină variații ale densității și vîscozității apei. Ca urmare, o serie de organisme *(Daphnia)* își schimbă forma vara sau iarna, ca rezultat al schimbărilor privind frecarea și greutatea corpului. Principiul care stă la baza acestui fenomen este: suprafața variază cu pătratul dimensiunii, pe cînd volumul variază cu cubul dimensiunii. Suprafața corpului este determinată de densitatea și vîscozitatea apei, iar volumul de cantitatea de hrană și valoarea metabolismului (v. *Ciclomorfozele).*

Tensiunea superficială este o forță care se exercită la suprafața de separație a apei cu aerul. Valoarea ei depinde de prezența unor substanțe dizolvate sau aflate în suspensie în apă, de temperatură etc. În diferite lacuri valoarea ei nu este aceeași.

Tipul de lac	Tensiunea superficială în dine pe cm²
Ape din lac oligotrof	0— 2
Ape din lac eutrof	0—20
Apa din mlaștini	0—20
Apa din lacuri spumoase	2— 9
Ape din lacul Leman	5—20

Datorită forțelor de tensiune superficială (*T.S.*) găsim în lacuri două asociații de suprafață care pot fi separate prin ciururi fine: epineustonul, spre aer și hiponeustonul, spre apă.

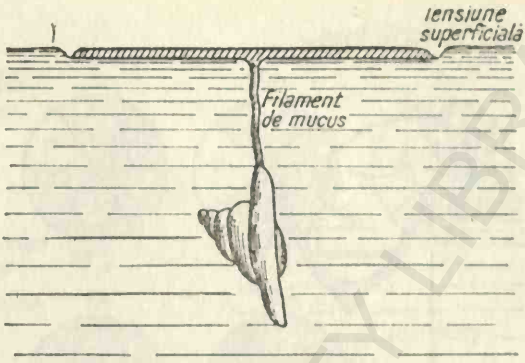


Fig. 73. Hiponeuston.

În *epineuston* se întîlnesc insecte (geride, veliide, gyrinide, colembole, păianjeni) ale căror picioare sînt induse cu substanțe hidrofuge astfel că nu se „înmoaie" în apă și pot folosi stratul de apă de la suprafață ca un suport pe care se deplasează. Dacă se pun substanțe hidrofuge (eter, benzen, acetonă) pe suprafața apei, insectele se scufundă și mor înecate. În *hiponeuston* adesea trăiesc hydre, planarii, ostracode, cladocere, larve de țînțari sau de alte insecte, melci etc. Ele „atîrnă" de pătura de apă de la suprafață și înaintează susținîndu-se de ea. Unele gasteropode și planarii secretă la suprafața apei o peliculă întinsă de mucus, de care „se atîrnă" și înaintează sub oglinda apei ca și cînd ar fi legate de o parașută plutitoare. Pe un fir subțire de mucus se pot lăsa în jos sau pot să se ridice în sus (fig. 73). Unele insecte, ca *Argyroneta* păstrează în jurul corpului lor păros, indus cu substanțe puternic hipotensive, o bulă de aer, care le servește drept „plămîn artificial" pentru respirație. Multe plante eliberează la nivelul frunzelor substanțe hipotensive care împiedică apropierea micilor crustacei sau a altor organisme mici care le-ar putea consuma. În sfîrșit, sînt frecvente cazurile cînd mici animale nectonice, ajungînd în contact cu stratul de molecule de la suprafața apei, rămîn lipite de aceasta și expuse uscăciunii mor (fig. 74). Datorită *T.S.* mari, apa se ridică în spațiile capilare ale solului, plajelor și a altor zone de intersecție cu uscatul, formînd *biotopul hiporeic*.

Lumina. Apa lacurilor continentale este, în general, transparentă. Pătrunderea luminii în lac depinde însă de foarte mulți factori: de unghiul de incidență al razelor luminoase cu suprafața lacului, de intensitatea luminii, de latitudinea lacului, de sezon și gradul de acoperire al cerului

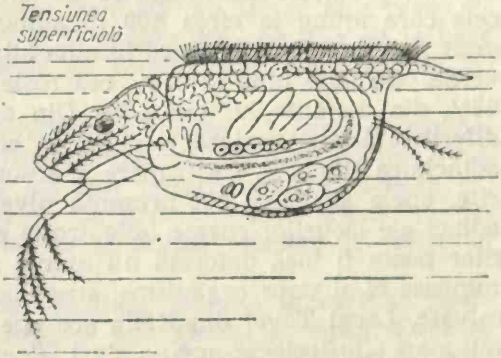


Fig. 74. Copepodul *Scapholebris* rămîne lipit de suprafața apei sub acțiunea forțelor de tensiune superficială (după Berezina).

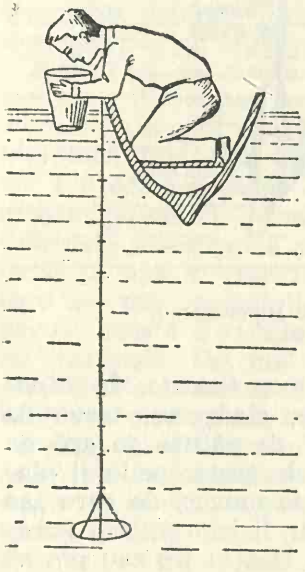


Fig. 75. Măsurarea transparenței apei cu ajutorul discului Secchi.

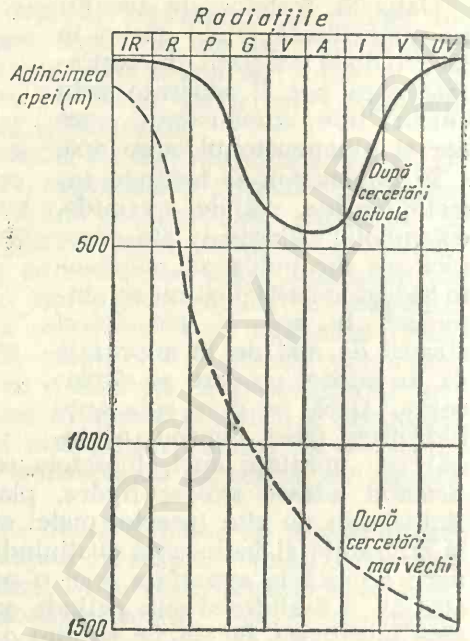


Fig. 76. Explicarea fenomenului de pătrundere a luminii în apă, după diverse concepții.

cu nori, de substanțele solvate sau aflate în suspensie în apă. Măsurarea transparenței apei lacurilor se poate face suficient de bine și cu *discul Secchi* (fig. 75).

J. R e g n a r d, folosind celule fotoelectrice, a constatat că la 1 m adîncime intensitatea luminoasă scade cu 50%; la 4,5 m cu 66%; la 100 m cu 75% față de suprafață. Se observă, deci, că în primii metri de adîncime se absoarbe mai multă lumină.

Pînă nu demult se credea că radiațiile violete și ultraviolete sînt cele care pătrund mai mult în adîncul apelor (peste 1 500 m). S-a dovedit însă că radiațiile cu lungimea de undă mai mare (verzi-albastre) sînt cele care ajung la circa 400 m adîncime, toate celelalte absorbindu-se mult mai sus (fig. 76). Dacă lumina albă se ia ca referință, atunci lumina verde pătrunde pînă la 67%, cea roșie pînă la 77%, cea galbenă pînă la 88% din distanța luminii albe. Din acest motiv și spectrul luminos în diferitele lacuri variază și chiar în același lac el prezintă deosebiri cu adîncimea (fig. 77). Ca urmare a absorbției și reflecției de radiații diferite, apele lacurilor pot prezenta diverse culori. Astfel, culoarea apelor adînci ale lacurilor curate (oligotrofe) este albăstruie. Culoarea apei lacurilor poate fi însă datorată nu numai absorbției selective a radiației luminoase ci și unor organisme, suspensii și chiar unor substanțe colorate solvate. Lacul Tovel din Italia are ape roșii, datorită prezenței în cantități mari („înflorirea" apei) a algei *Gloenodinium sanguineum*.

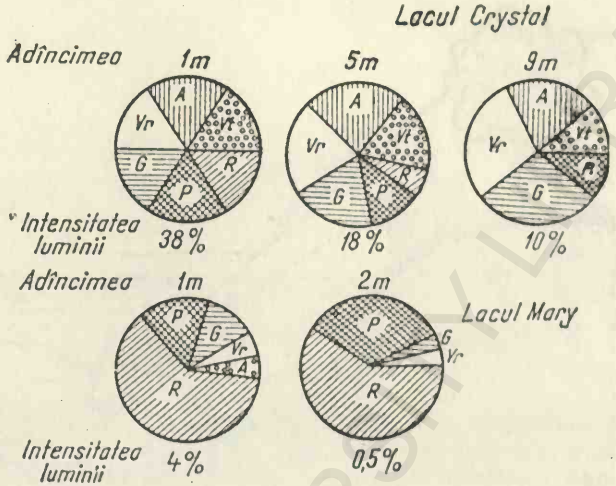


Fig. 77. Absorbția selectivă a luminii în diferite lacuri.

O parte a luminii incidentale este reflectată (cu atît mai mult cu cît unghiul de incidență este mai mare) și numai o parte pătrunde în apă, unde suferă fenomenul de refracție. Suprafața apei joacă rolul unei oglinzi pentru fenomenele luminoase din masa apei lacului; ca urmare, o parte din lumină se reflectă sau se polarizează, aceasta depinzînd bine-înțeles de poziția astrului pe bolta cerească.

Pentru biologia lacului este important să se cunoască adîncimea la care pătrunde lumina și diferitele ei radiații, deoarece lumina are acțiune importantă asupra vieții. Astfel, asimilația clorofiliană depinde de lumină; intensitatea și durata fotosintezei este proporțională cu intensitatea și durata luminii, dar ca valoare ea depinde de specie. De pătrunderea luminii în lacuri depinde distribuția algelor și, deci, zona trofogenă a lacurilor. În apele curate zona trofogenă poate avea o grosime de cîțiva zeci de metri, pe cînd în apele tulburi algele sînt cantonate în primii 2 — 3 m de la suprafață. Plantele verzi se găsesc spre suprafață, algele brune mai în adînc iar algele roșii și mai la adîncime. Această distribuție este pusă în legătură cu radiațiile luminoase care pătrund la diferitele adîncimi.

Migrațiile pe verticală ale diferitelor animale din lacuri sînt puse direct în legătură cu alternanța dintre zi și noapte din ape. Ele au la bază fie căutarea de hrană mai abundentă în timpul zilei, fie apărarea de dușmani în timpul nopții.

De lumină depinde întreaga vizibilitate din ape. Oglinda suprafeței apei poate uneori să ascundă vizibilitatea externă (fig. 78). Astfel, o serie de dușmani externi ai peștilor nu sînt văzuți de către aceștia, cu toate că din aer peștii pot fi reperați. Ca urmare, peștii trăiesc în general ziua spre zonele adînci ale apelor și numai noaptea se ridică în spațiile de deasupra.

De gradul de absorbție al luminii depinde distanța la care se poate vedea în apă. În general această distanță este destul de mică. Dacă se privește pe un geam transparent făcut la fundul unei bărci, se constată

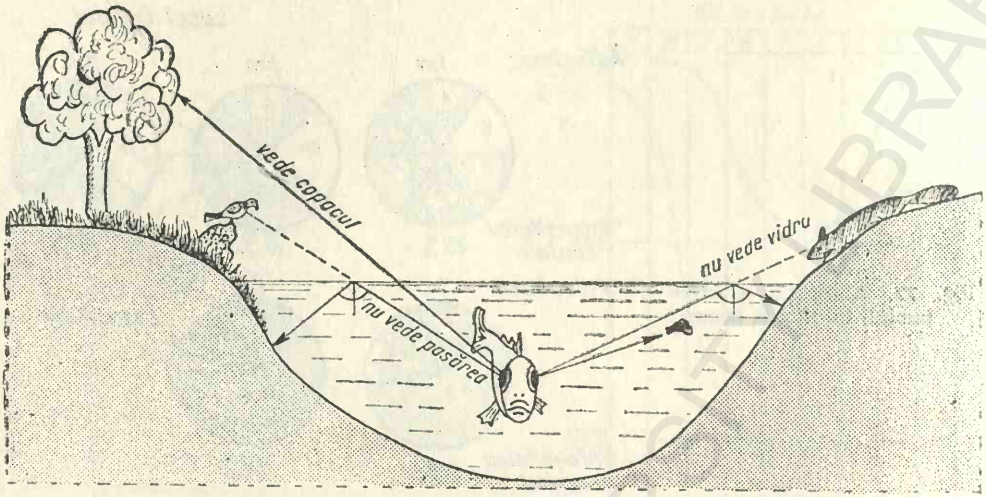


Fig. 78. Dependența dintre unghiul de vizibilitate și de incidență.

că atunci cînd un pește mai mare urmărește pe unul mai mic, acesta din urmă se ridică printr-o mișcare bruscă cîțiva metri și apoi rămîne liniștit. Această distanță este suficientă pentru ca peștele cel mare să nu îl mai poată vedea pe cel mic. Se știe apoi că la scufundarea într-un lac cu ape curate, la distanța de circa 10—15 m nu se mai vede nimic.

Prin pătura de gheață care se formează iarna la suprafața lacurilor pătrunde în adînc o cantitate redusă de lumină (aceasta depinde de grosimea gheții, de felul cum s-a făcut înghețarea și de conținutul acesteia în bule de aer, în praf etc.), care este suficientă însă pentru ca fenomenele de asimilație clorofiliană și vizibilitate să nu fie cu totul reduse. Lumina care nu este utilizată în procesele de fotosinteză din ape se transformă în energie calorică.

Temperatura apei constituie unul din factorii cei mai importanți pentru viața organismelor hidrobionte.

Studiul termic al lacurilor poate fi privit fie din punctul de vedere al intensității termice, cînd valorile se măsoară în °C, fie al capacității termice, cînd valorile se măsoară în calorii.

Temperatura unei ape măsurată în °C nu depinde numai de aportul și pierderea de căldură, ci și de capacitatea ei termică: cu cît aceasta este mai mare, cu atît temperatura apei este mai constantă; iar de constanța termică depinde metabolismul organismelor.

Temperatura unui lac depinde în primul rînd de situarea lui geografică (adică de latitudine și altitudine), putînd primi mai multă sau mai puțină căldură solară (fig. 79). Valoarea temperaturii variază însă cu adîncimea (fig. 80). Apa care se răcește noaptea coboară spre fund pînă la adîncimea determinată de valoarea temperaturii ei și de densitate. În regiunile nordice diferențele de temperatură între zi și noapte sînt mici și de valori scăzute, din care cauză variațiile termice cu adîncimea sînt și ele mici; în regiunile tropicale diferențele de temperatură sînt de asemenea mici, dar de valori ridicate, astfel că nu se produc salturi

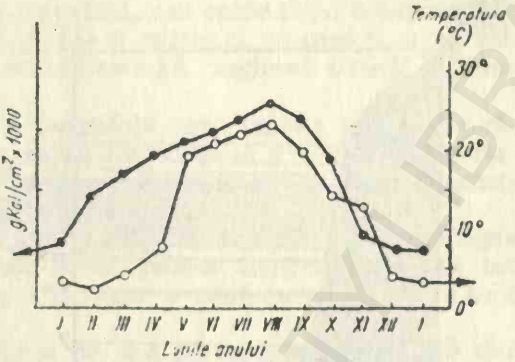


Fig. 79. Temperatura apei lacului în raport de radiația absorbită.

pe verticală. Numai în regiunile temperate diferențele de temperatură între zi și noapte sînt mari astfel că apele răcite noaptea coboară pînă la adîncimi de 10—20 m, formînd aici o zonă termoclină specifică (metalimnion) (fig. 81) în care pe o distanță de cîțiva metri se produce un salt termic de 10—15°C. Această zonă începe de obicei la adîncimea pînă la care se resimt variațiile zilnice ale temperaturii apelor de suprafață; dar cu cît adîncimea lacului este mai mare, cu atît și zona termoclinei este mai joasă (fig. 82).

Pătura de apă de deasupra saltului termic se numește *epilimnion* iar cea de dedesubtul ei (regiunea trofolitică) *hipolimnion;* păturii termocline i s-a dat numele de *metalimnion.* Fiecare din aceste zone are o serie de caracteristici foarte însemnate pentru viața lacului.

Din cauza variațiilor termice externe și a proprietăților termice și calorice ale apei (vezi proprietățile ei aberante), regimul termic al lacurilor din zona temperată prezintă o serie de caractere extrem de importante pentru viață.

I a r n a lacul îngheață la suprafață avînd temperatura de 0°C, chiar dacă în atmosferă sînt geruri mult mai mari. Apele de sub gheață se încălzesc spre fund, unde se acumulează apa cu densitatea cea mai mare (4°C). Această situație determină o stratificație negativă (fig. 83) care se păstrează ca atare tot timpul iernii *(stagnația de iarnă).*

P r i m ă v a r a gheața se topește sub acțiunea căldurii solare. Apa care rezultă ia temperaturile de 1°, 2°, 3°, și în final 4°C, astfel că la un

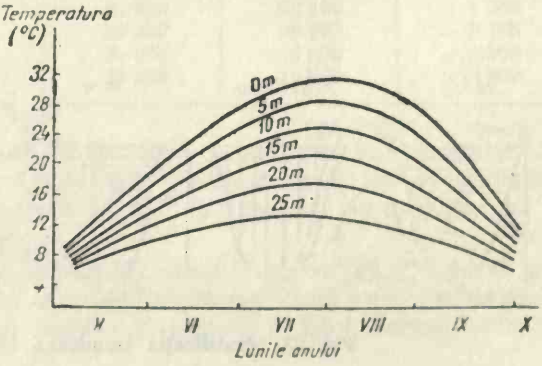


Fig. 80. Variația temperaturii lacului, în raport cu adîncimea.

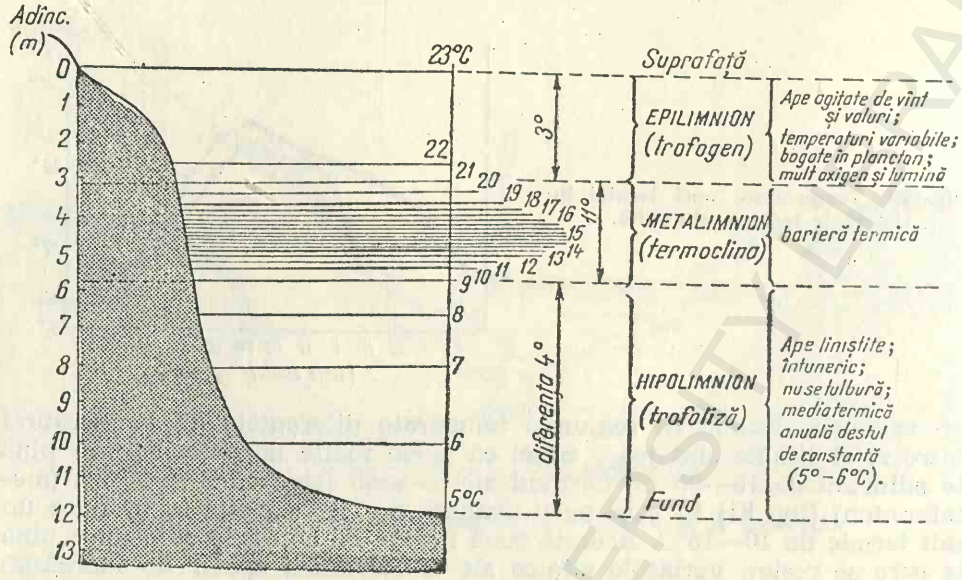


Fig. 81. Termoclina și zonele batimetrice ale lacului.

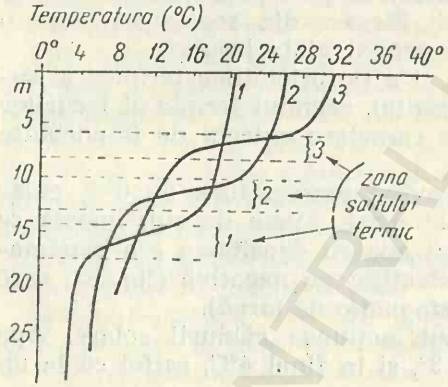


Fig. 82. Termoclina în lacuri de diferite mărimi: *1* — lac mare și adînc; *2* — lac mijlociu; *3* — lac mic.

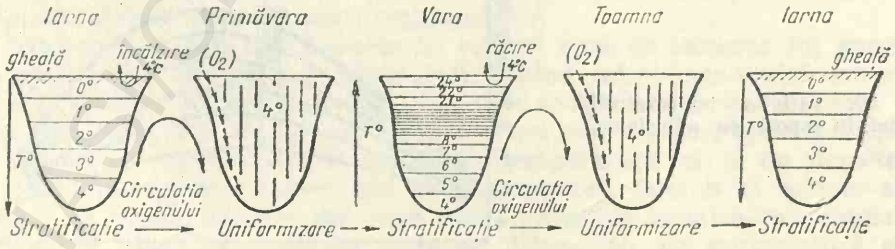


Fig. 83. Stratificația termică a lacurilor temperate.

anumit moment tot bazinul are ape cu temperatura de 4°C. Dar pentru a ajunge la această stare apele de la suprafață, mai calde și cu densitate mai mare, circulă spre fund antrenînd cu ele și oxigenul pe care îl au solvat. Astfel, prin circulație, se u n i f o r m i z e a z ă regimul termic și conținutul în oxigen al apei lacului.

V a r a apele se încălzesc ziua la suprafață, iar noaptea acestea se răcesc și coboară spre fund, dar nu ajung niciodată la 4°C ci valorile termice se ridică mereu, astfel că se obține o *stratificație de vară* a lacurilor, care se păstrează ca atare pînă toamna.

T o a m n a apele se răcesc din nou, cele de suprafață coboară spre fund antrenînd și oxigenul solvat. Acest proces continuă pînă ce tot bazinul ajunge la temperatura de 4°C. Este o nouă u n i f o r m i z a r e termică și de oxigen.

Aceste variații termice și circulația de ape pe care le determină, sînt foarte însemnate pentru organismele din lacuri, deoarece ele provoacă împrospătarea bianuală a întregii mase de apă cu oxigen.

După regimul lor termic, lacurile pot fi diferențiate în:

— *lacuri polare*, a căror temperatură de suprafață este în tot anul sub 4°C, adică în majoritatea vremii sînt înghețate. Apa de la fundul lacului este totdeauna de 4°C, dar spre suprafață temperatura poate urca pînă la 0°C. Ele au, deci, o mică circulație pe verticală și o stratificație inversă tot timpul anului;

— *lacuri temperate*, a căror temperatură la suprafață poate fi sub sau peste 4°C. Apa de la fund poate avea 4°C sau mult mai ridicată, constatîndu-se două circulații, de primăvară și de toamnă;

— *lacuri tropicale*, a căror temperatură la suprafață este întotdeauna mai mare de 4°C. La acestea se observă circulații termice diurne continue tot timpul anului.

Între cantitatea de căldură primită de un lac și cea pierdută anual se stabilește un echilibru sau o diferență care măsoară bugetul său termic. Prezentăm mai jos cîteva date:

Lacul și situarea lui	Cît primește (g/cal)	Cît pierde (g/cal)	Diferența
Cayuga (New York)	37 450	27 750	— 9 600
Green (Wisconsin)	34 000	26 200	— 7 800
Karluk (Alaska)	33 500	18 900	—14 600
Bourget (Franța)	31 900	34 600	+ 2 300
Trauna (Austria)	33 400	32 100	— 1 300
Würm (R.F. Germania)	23 800	20 700	— 3 100
Vettern (Suedia)	32 000	16 200	—15 800
Ladoga (U.R.S.S.)	33 300	18 000	—15 300

De excedentul termic al unui lac depinde și valoarea temperaturii sale și a relativei sale constanțe. O parte a căldurii unui lac se transferă fundului (8—10%). În alte cazuri însăși căldura de fund poate să se adauge la cea primită de la soare.

Valoarea termică a unui lac este mult scăzută atunci cînd prin el trece un riu care antrenează mai ales apele de suprafață care se încălzesc mai mult sub acțiunea soarelui. Acesta este cazul lacului Geneva prin ca-

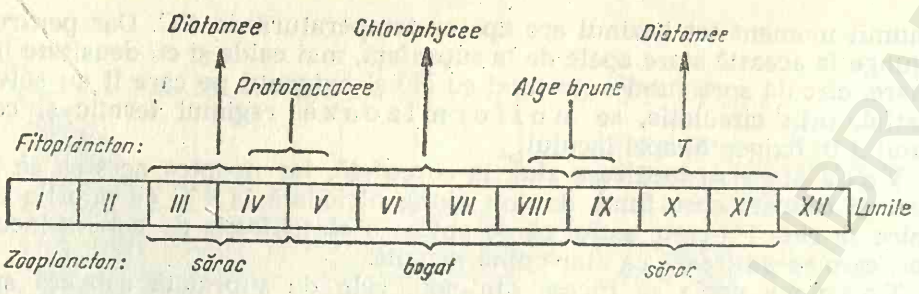


Fig. 84. Variația planctonului lacustru, în funcție de sezon.

re trece Rhonul; ca urmare, temperatura lacului este în tot timpul anului foarte scăzută. O situație asemănătoare se petrece și în lacurile de baraj.

În afara mamiferelor acvatice toate celelalte animale din lacuri sînt *poikiloterme* și au un metabolism ce depinde de valoarea termică a apei. Valoarea metabolismului crește odată cu temperatura, cu circa 10% pentru o diferență în plus de 1°C. Un plus de 10°C mărește valoarea Q_{10} de 2—3 ori. De mărimea metabolismului depind nevoile alimentare ale animalelor.

În general, organismele acvatice sînt adaptate unei temperaturi medii, avînd limite minime sau maxime care variază după specie, sex, vîrstă etc. Cele la care limitele de variație termică sînt foarte restrînse sînt *stenoterme*, iar cele care pot suporta mari variații de temperatură sînt *euriterme* (mai ales organismele care fac migrații mari pe verticală sînt euriterme).

În multe lacuri polare s-a constatat că o serie de organisme pot îngheța și la topirea gheții pot reveni la viață activă. Problema nu este definitiv lămurită și necesită studii noi.

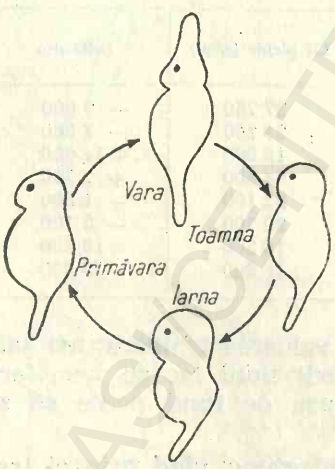


Fig. 85. Ciclomorfoza la *Daphnia* sp.

Variațiile termice ale lacurilor determină schimbări sezoniere, cantitative și calitative, ale organismelor. Primăvara, în majoritatea lacurilor din zona temperată se dezvoltă puternic diatomeele (*Melosira, Asterionella*), care adesea ajung la un număr atît de mare că produc „înflorirea" apei. Odată cu încălzirea apei și creșterea conținutului de substanțe organice solvate, se dezvoltă protococcaceele, iar în timpul verii, odată cu încălzirea apelor, predomină algele verzi: *Microcystis, Oscillatoria*. Multe din acestea mor și apa se îmbogățește în substanțe organice care suferă procese de mineralizare; spre toamnă se dezvoltă din nou diatomeele. Zooplanctonul cel mai bogat este în timpul verii (fig. 84).

Ciclomorfoza este un fenomen în cea mai mare parte determinat de variațiile termice care, la rîndul lor, cauzează schimbări altor factori de mediu (vîscozitatea, densitatea apei etc.). Formele de vară ale multor specii (cloroficee monocelulare, crustacei) sînt mai ascuțite, mai fragile decît formele de iarnă. La *Daphnia* (fig. 85), la *Bosmia* etc, modificările sînt foarte evidente și s-a crezut la început că ar fi vorba chiar de specii diferite.

De temperatura mediului depinde și mărimea corpului. În apele mai reci dezvoltarea se face mai încet și durează mai mult, animalele cu creștere continuă putînd ajunge la talii mai mari decît aceleași specii în apele mai calde:

Temperatura	*Stylonichia mytilus*	*Rana esculenta*
10°C	705 microni cubi	50 g/medie
25°C	289 microni cubi	30 g/medie

Un alt fenomen biologic dependent de temperatură este *heterogonia*, adică alternarea de generații sexuate și asexuate. Unele specii sînt monociclice, adică au o singură generație sexuată; altele sînt diciclice sau policiclice (2 sau mai multe generații sexuate). Dar sînt și specii aciclice, care se înmulțesc asexuat. *Daphnia* în Europa este monociclică, dar în regiunile de ape tropicale este policiclică (fig. 86).

Cînd temperaturile apelor lacustre scad puternic, multe organisme își formează organe de rezistență la frig sau în întregime se transformă în forme rezistente la frig (gemule, chiști, podociști, ouă). La multe animale din apele reci viviparitatea este foarte răspîndită (se asigură, astfel, dezvoltarea embrionului în însăși corpul matern). *Daphnia* trăiește și crește în limite de la 2° la 8°C, dar nu se reproduce în acest interval de temperatură. Înmulțirea sexuată se face la peste 12°C, iar peste 15°C începe înmulțirea partenogenetică. Toate aceste limite termice marchează puncte critice (sau valori de zero biologic pentru fenomenul respectiv). Cunoașterea lor este însă deosebit de importantă pentru studiul fiziologiei ecologice a diferitelor asociații de organisme.

Agenții atmosferici. Vînturile pot determina mișcări ale apei lacurilor, mai ales dacă au o anumită viteză și constanță. Ele determină valuri care devin evidente în lacurile mari (de exemplu, în Baikal ajung pînă la 3 m înălțime), dar se pot observa pe orice lac sub forma unor ondulații de diferite mărimi la suprafața apei. Înălțimea valului din lacuri este dată de formula:

$$h = {}^1/_3 F,$$

h fiind înălțimea în m, F — viteza vîntului în km/oră. Adesea, bătăi

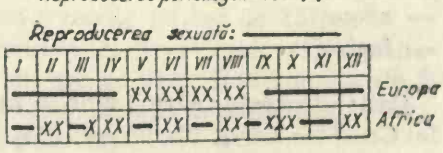


Fig. 86. Alternanța de generații la *Daphnia* în lacurile africane și europene.

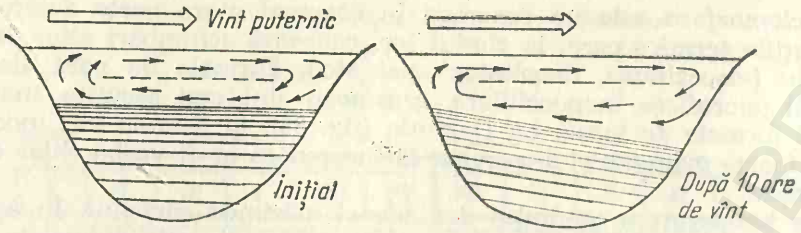


Fig. 87. Modificări ale termoclinei, sub influența vîntului.

într-o singură direcție a vînturilor pe un lac determină curenții orizontali care, la un vînt de 3 m/s se deplasează cu viteza de 10 cm/s. Aceste mișcări de ape pot rupe și sfărîma țărmul iar atunci cînd sînt puternice provoacă, indirect, și circulația apei pe verticala lacului (fig. 87). Relieful din jurul lacului poate determina ca vîntul să capete o mișcare circulară și, astfel, să antreneze în acest sens și apele lacului.

Vîntul care provoacă mișcarea apelor are un rol important în amestecarea lor. Aceste mișcări ale apei pot ridica mîlul depus pe fundul lacului provocînd tulburarea apelor, transportă animale, produsele sexuale etc.

Lacurile, în general, nu prezintă fenomene de maree. După măsurători foarte precise, lacul Leman ar avea mareea de amplitudine egală cu 4,9 mm, ceea ce practic este neglijabilă.

În unele cazuri se constată fenomene numite *seișe,* care constituie o denivelare temporară a nivelului apei într-o parte a lacului în sus și în altă parte în jos. Ele se datorează unei acțiuni locale a atmosferei, consecutiv creșterii presiunii atmosferice într-o parte a lacului sau scăderii presiunii atmosferice în partea opusă.

Factorii chimici. *Sărurile minerale* din apa lacurilor provin fie din substratul lor propriu, fie din apele care se varsă în lac, din precipitații (care spală alte soluri), fie din praful adus de vînt.

În general, apa lacurilor nu are un grad de mineralizare mai mare de 0,5 g săruri la litru. Între sărurile ce se găsesc în mod curent menționăm:

— oxizi (mai ales Fe_2O_3) . . . . . între 0,25 și 50 mg/litru;
— silicați . . . . . între 0 și 50 mg/litru;
— carbonați . . . . . între 0 și 200 mg/litru;
— cloruri . . . . . între 0,10 și 250 mg/litru;
— sulfați . . . . . între 0 și 100 mg/litru;
— săruri de NH_3 . . . . . între 0,10 și 15 mg/litru;
— azotiți . . . . . între 0 și 15 mg/litru;
— azotați . . . . . între 0 și 50 mg/litru;
— fosfați . . . . . între 0 și 15 mg/litru.

Cationii acestor săruri sînt în ordinea descrescîndă a cantității lor totale: Ca^{++} — 64%; Mg^{++} — 17%; Na^{+} — 15%; K^{+} — 3% etc. Dominanți

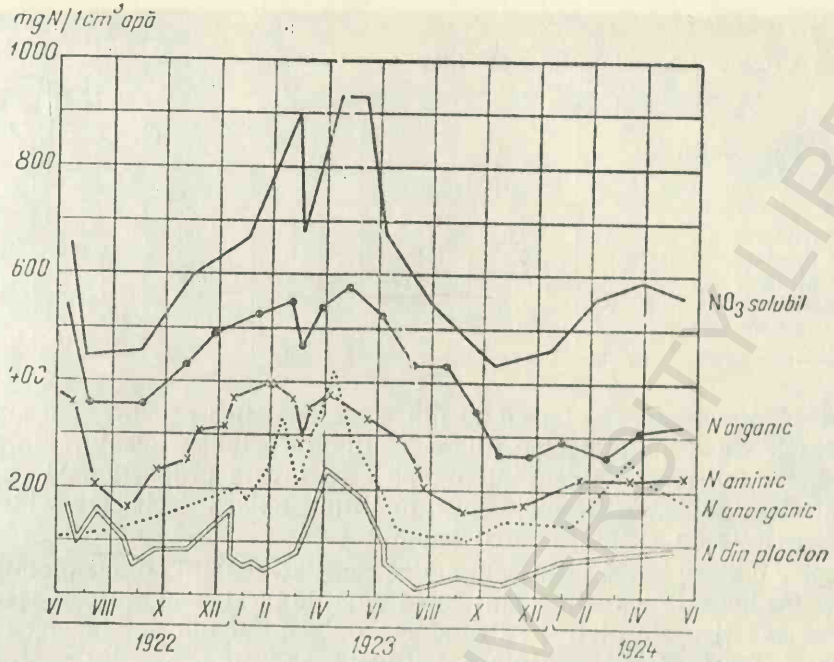


Fig. 88. Fluctuații cantitative ale azotului, în funcție de sezon.

sînt carbonații și bicarbonații de Ca, Mg. În condiții de climat arid domină însă sulfații.

Calciul este necesar dezvoltării algelor, ciupercilor, crustei și scheletului multor organisme lacustre. Cantitatea disponibilă de Ca depinde de pH și de natura sărurilor în care este combinat. Magneziul este indispensabil la formarea clorofilei, fierul pentru pigmenții respiratori etc. O cantitate sub anumite cerințe din fiecare cation este în general un factor limitativ al dezvoltării tuturor organismelor acvatice.

Bioelementele: C, H, O, N, P, S au în lacuri o circulație care este asemănătoare cu circuitul lor din alte formațiuni hidrice.

Prin procesele bacteriene pe care le suferă materia organică din lac, aceste elemente necesare sintezei de substanță vie de către organisme sînt antrenate într-o circulație continuă.

Substanțele azotate (sub diferite forme) se găsesc într-o circulație continuă și în concordanță cu producția primară a bazinului (fig. 88). Ele își au originea în materiile organice care se găsesc atît solvate, cît și sub formă coloidală. În special în pelicula de suprafață materiile sînt abundente, cantitatea lor depinzînd de lac. În lacul Green-Wisconsin (S.U.A.) ele variază între 3 și 40 mg/l, cu o medie pe lac de 13 mg/l.

Dar în lacuri au fost identificați și aminoacizi liberi care, atît cantitativ, dar mai ales calitativ, variază de la un lac la altul. Rolul lor poate fi destul de important atunci cînd este vorba de alimentația prin osmoză a organismelor animale de talie mică (tab. 10).

Tabelul 10

Compoziția aminoacizilor din cîteva lacuri din S.U.A. (în mg/litru)

Aminoacidul:	Lacul					
	Mendota		Deville	Green	Michigan	Turtle
	Suprafață	fund				
— triptofan	30,3	13,3	12,5	15,6	6,5	9,6
— tirozină	14,4	12,5	17,6	9,6	8,3	16,7
— histidină	5,7	10,2	14,8	19,2	6,7	22,7
— cistină	1,5	6,1	3,3	4,4	2,1	7,5
— azot organic	320	357	117	310	143	487

Gazele dizolvate. Oxigenul din apele lacurilor provine mai ales din procesele de asimilație clorofiliană și din difuziunea gazului din atmosferă. Solubilitatea oxigenului în apă este invers proporțională cu temperatura (fig. 89). Apele reci conțin mai mult oxigen decît cele calde, ceea ce constituie un avantaj pentru faună.

Apele care se varsă în lac pot aduce cantități mari de oxigen, cînd temperatura lor este scăzută și sînt sub formă de pîraie sau rîuri ce trec peste cascade și peste pietre. Pătrunderea oxigenului din aer în apă este în general foarte înceată. (Într-o eprubetă se pune o soluție Croupier galbenă care, prin oxidare, se albăstrește. Viteza de albăstrire la suprafață este de circa 1 cm pe zi; aceasta arată viteza cu care oxigenul pătrunde prin difuziune în apă). Mișcarea apei amplifică mult procesul de difuziune.

Oxigenul este consumat de către plante și animale prin respirație, de bacterii prin procese de oxido-reducere a substanțelor organice. De asemenea, prin încălzirea apei se eliberează oxigen. De obicei, în fiecare lac cauzele care măresc și cele care micșorează cantitatea de oxigen din apă variază în limite largi, încît întîlnim saturații în oxigen destul de diferite de la un lac la altul.

Organismele consumă oxigen la o anumită limită de presiune care, de obicei, nu scade în lacul respectiv. Tensiunea sub care organismele acvatice pot prelua oxigenul este foarte mică. Dacă pentru un plus de 10°C consumul de oxigen al unui pește se mărește de circa 2 ori, nu trebuie uitat că pentru același plus termic cantitatea de oxigen solvată scade de la 7,93 cm^3/l (la 10°C) la 6,43 cm^3/l (la 20°C). De aici se poate vedea că atunci cînd se determină consumul de oxigen al unui animal trebuie neapărat să se țină seama de temperatură. Datele foarte diferite privind consumul de oxigen pentru o aceeași specie de animal se datoresc faptului că diferiții cercetători nu au lucrat la aceleași temperaturi.

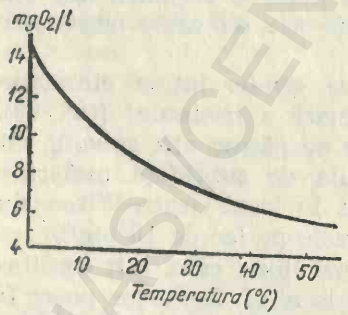


Fig. 89. Solubilitatea oxigenului în apă în funcție de temperatură.

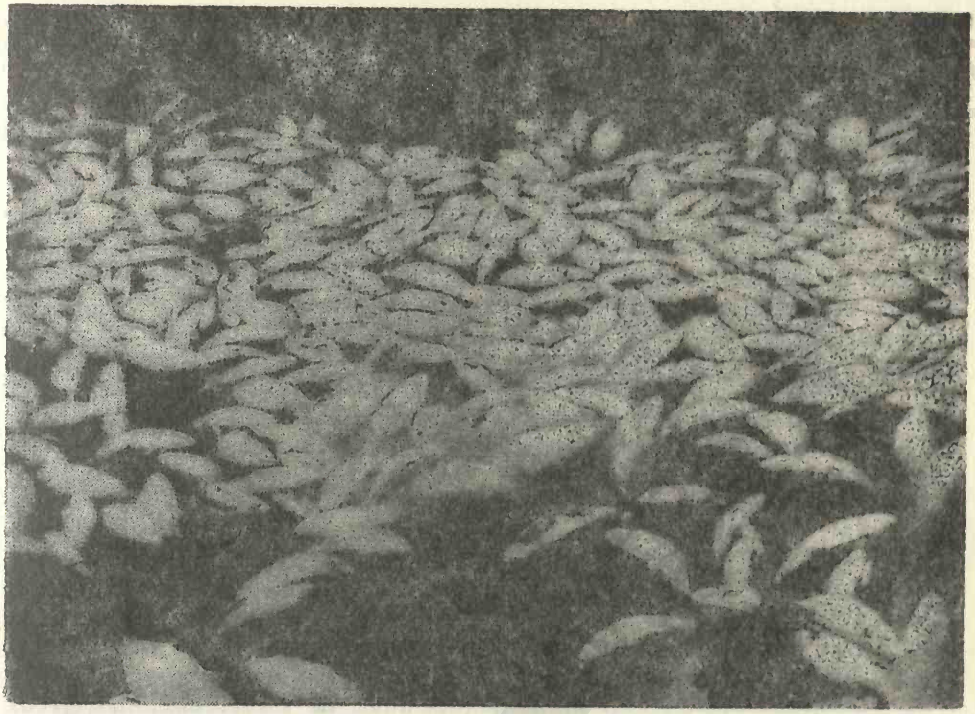


Fig. 90. Fenomenul „zamor".

În anumite condiții oxigenul poate lipsi din apa lacurilor. În Finlanda se întîlnesc frecvent astfel de situații. Sînt organisme care pot trăi și în lipsa aproape completă a oxigenului cum sînt: protozoarele *Difflugia, Pelomyxa, Spirostomum, Stentor;* nematodul *Anguillula;* oligochetele *Limnodrilus, Tubifex;* gastrotrichia *Chaetonotus;* rotiferele *Philodina, Rotatoria;* crustaceii *Candona, Cypria, Cyclops;* insectele: larve de *Corethra,* de *Chironomus;* moluscul *Pisidium.* Unele din acestea își fac un fel de depozite de oxigen ridicîndu-se la suprafața apei (mai ales noaptea), saturîndu-și sîngele cu acest gaz pe care apoi îl consumă încet; altele conțin mult mangan care înlesnește procesele de oxidare chiar la tensiuni extrem de joase ale gazului. Dar aproape în toate aceste cazuri organismele de mai sus își procură energia prin procese de reducere anoxibiotică; ele contractează o „datorie de oxigen" pe care și-o plătesc mai tîrziu, atunci cînd pot veni în contact cu ape oxigenate.

Uneori în apele lacurilor se constată fenomenul de „zamor", adică de moarte în masă a organismelor din cauza lipsei de oxigen. Acest fenomen se produce adesea vara, după o „înflorire" puternică a apelor; în urma dezvoltării excesive mai ales a unor specii de alge, se ajunge la o insuficiență de oxigen, care provoacă în cascadă o lipsă totală a acestui gaz, mai ales că indivizii morți la început sînt atacați de bacterii care, prin procese de oxidație, mineralizează substanța ogranică moartă

(fig. 90). Fenomenul de „zamor" se poate produce și iarna sub gheață, cînd asimilația clorofiliană este încetinită, iar din aer nu mai pătrunde oxigen în apă.

Unele animale acvatice din lacuri pot fi considerate „indicatori" ai conținutului de oxigen al apelor. Astfel, larva de dipter *Tanytarsus* nu trăiește sub 4 cm^3 O_2/l; larva de *Chironomus plumosus* necesită maximum 1 cm^3 O_2/l iar larva de *Corethra* trăiește și la 0,1 cm^3 O_2/l.

Bioxidul de carbon se găsește în apă mai mult decît în aer (1,7% în apă față de 0,003% în aer). Originea lui este foarte diferită. O bună parte provine din aer (CO_2 are un coeficient de solubilitate în apă de circa 300 ori mai mare decît oxigenul); o parte provine din apele subterane, adică din izvoarele care alimentează lacul; o parte însemnată este de natură biologică și provine din respirația organismelor acvatice (fig. 91); o altă parte rezultă din fenomenele de oxidare a substanțelor organice din lac sub acțiunea bacteriilor. În sfîrșit, el mai poate proveni și din descompunerea carbonaților, atunci cînd tensiunea sa generală în bazin scade puternic.

Scăderea CO_2 din apă se datorează în primul rînd fotosintezei și utilizării lui în producerea de substanțe organice, apoi difuzării lui în atmosferă atunci cînd presiunea sa parțială în aceasta scade mult; de asemenea, formării de cruste (travertin) de CO_3Ca atunci cînd se produce excesiv de mult.

Raportul dintre CO_2 liber și legat depinde întotdeauna de valoarea tensiunii sale parțiale în apă.

Acumularea CO_2 în hipolimnion (de unde se eliberează mai greu), alături de alte gaze (metan) și substanțe toxice (azotiți), determină o intoxicare progresivă a animalelor de aici.

Metanul rezultă din descompunerea incompletă a hidraților de carbon. Lipsa de oxigen favorizează formarea metanului în zonele de mal și de adîncime ale lacului. Cantitatea maximă de CH_4 determinată în lacuri este de 40 cm^3/l. Sub formă de bule aderă adesea de obiectele de sub apă. Se crede că metanul ar avea o acțiune toxică asupra organismelor.

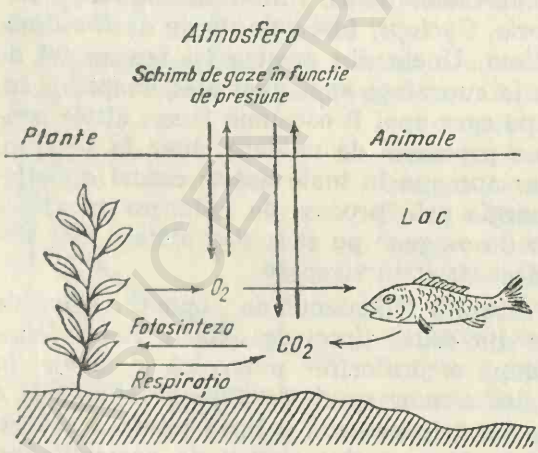


Fig. 91. Circuitul oxigenului și al bioxidului de carbon în lacuri.

Hidrogenul sulfurat. Gazul provine din descompunerea bacteriană a compușilor organici ce conțin sulf. Este toxic mai ales pentru pești. Schimbînd *p*H-ul, H_2S face mediul impropriu pentru aproape toate organismele, cu excepția celor care îl produc. În unele lacuri mai adînci (nordul Italiei) se acumulează cantități mari de H_2S, făcînd incompatibilă prezența vieții. Stagnarea apelor favorizează acumularea gazului.

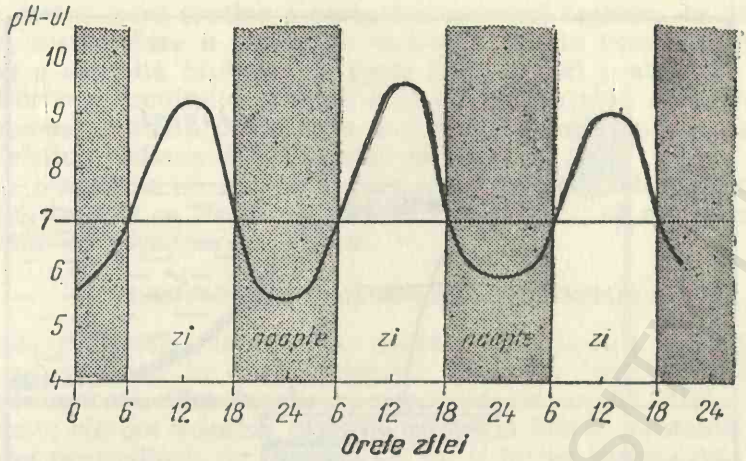


Fig. 92. Variația nictimerală a *p*H-ului în lac.

Reacția ionică. Apele lacurilor au în general *p*H-ul cuprins între 6,5 și 8,5. O apă cu un astfel de *p*H este favorabilă pentru pești dacă, bineînțeles, îndeplinește și alte cerințe. Reacția ionică variază în lacuri atît sezonier, cît și diurn. Aceste variații sînt mai ample în lacurile mici și bine populate. Activitatea organismelor influențează asupra *p*H-ului, mai ales în zona de suprafață a lacurilor. Plantele, utilizînd bioxidul de carbon, determină alcalinizarea apei. În schimb, reducerea procesului de fotosinteză și amplificarea celui de respirație determină o acidifiere a mediului. În lacurile și bălțile bogate în fitoplancton *p*H-ul poate avea dimineața valoarea de 5,6, după amiază 9,5 și chiar mai mult, iar noaptea poate coborî pînă la 6,5 sau și mai jos (fig. 92).

Bicarbonații și carbonații de calciu și magneziu joacă rolul de substanțe tampon și fac ca *p*H-ul să varieze în limite restrînse în jurul valorii neutre (*p*H=7).

ASOCIAȚIILE DE ORGANISME DIN LACURI

Lacul este un ecosistem cu un mare grad de autonomie și complexitate, cu organisme din foarte multe grupe sistematice care se găsesc în asociații caracteristice și dependente unele de altele. Rolul principal în viața lacurilor îl joacă aceste asociații *(biocenoze)* și numai în mod excepțional prezența unor indivizi (de o anumită specie și talie) poate influența ansamblul fenomenelor biologice din lac.

În linii mari, într-un lac există (ca în oricare bazin acvatic) trei mari categorii de organisme (grupate în asociații):

— *producătorii de substanță organică,* care pe seama sărurilor minerale din apă și a energiei solare pot sintetiza în corpul lor substanțe proteice, glucidice, lipidice, enzime etc.; ei dau așa-numita „producție primară" a bazinelor acvatice, pe seama căreia se hrănesc toate organismele animale;

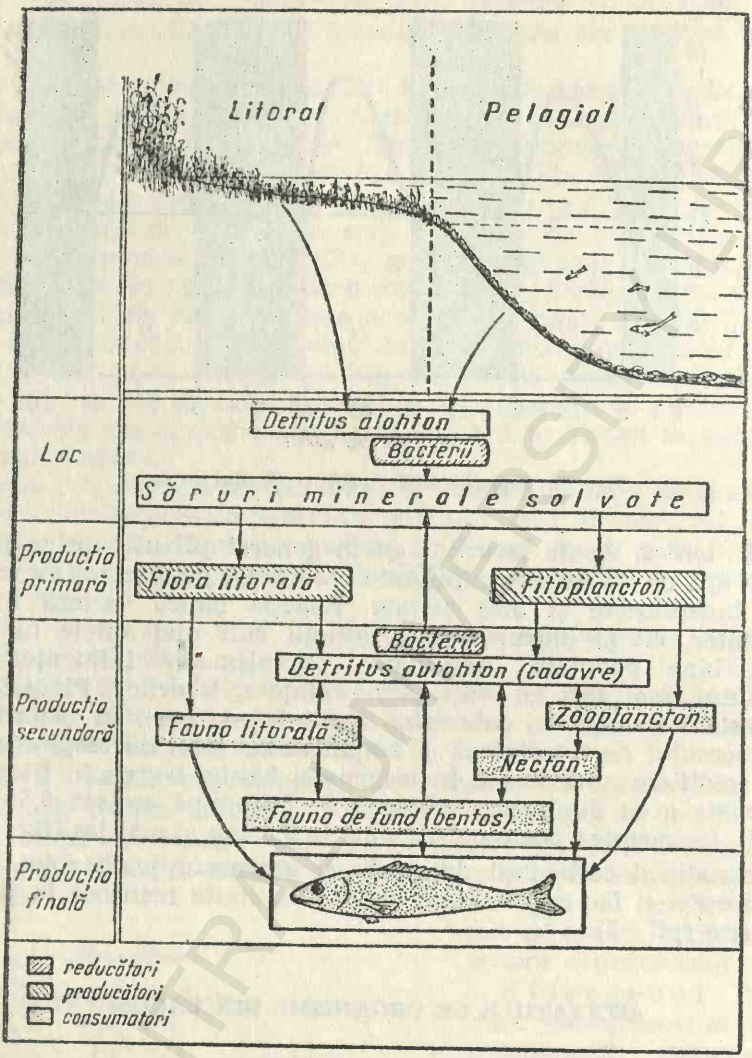


Fig. 93. Circuitul normal al materiei în lacul eutrof (după Thieneman şi Steinecke).

— *consumatorii* sînt în special animalele care nu pot realiza sinteză de substanță organică și trebuie să se hrănească cu produsele organice sintetizate de producători;

— *reducătorii*, adică bacteriile, care descompunînd materia organică moartă (cu ajutorul enzimelor) o degradează prin fenomene de oxidare sau de reducere pînă la stadiul de elemente minerale solubile, pe care le redau apoi apei.

Raporturile între aceste trei mari grupe de organisme sînt redate în figura 93. S-ar părea că este vorba de un circuit perfect închis, care se menține ca atare numai pe seama transformărilor ce au loc în bazin. În realitate, lucrurile sînt mai complexe. Din lac ies anual o serie de

materii: metan (care conține o parte din carbonul organic), se depun calcare sau marne (iese o parte din carbonați și din compuși cu calciu), se scoate o anumită cantitate de pește (care uneori poate duce chiar la dezechilibrarea circuitului biologic dacă se face în mod necontrolat) etc. De asemenea, în bazin poate intra mai mult sau mai puțin material organic (detritus, cadavre de la exterior etc.).

Pentru a menține un echilibrul care să asigure reproducerea constantă a peștelui, trebuie ca lacurile să fie bine studiate și să se respecte anumite norme de întreținere și pescuit.

CLASIFICAREA BIOLOGICĂ A LACURILOR

Pe baza caracteristicilor fizice, chimice și biologice, lacurile continentale se grupează în cîteva categorii destul de bine conturate.

Lacurile eutrofe. Sînt bogate în organisme și au un circuit biologic foarte activ; ele pot menține o producție finală foarte constantă. De obicei nu sînt prea adînci(rar depășesc 50 m) și întreg bazinul este caracterizat din punct de vedere biologic printr-o „viață" activă. Hipolimnionul este redus și toată materia organică moartă care apare în cursul unui an poate fi complet mineralizată, asigurînd reproductibilitatea tuturor organismelor pentru anul viitor.

Ca exemple de asemenea lacuri citǎm: lacurile finlandeze, westfalice, scandinave, iar la noi Snagovul.

Lacurile oligotrofe. Sînt mai sărace în organisme, procesele de reducere nu duc niciodată și în nici o parte a lacului la dispariția completă a oxigenului, care se află în cantitate suficientă pînă la fundul bazinului. Au în general adîncimi mari, se găsesc în zonele alpine sau nordice și toată substanța organică moartă se mineralizează complet, astfel că pe fund nu au loc depuneri.

Ca exemple de lacuri oligotrofe citǎm: lacurile alpine din Elveția, iar la noi lacul Zănoaga.

Lacurile distrofe. Sînt caracterizate prin faptul că au acizi humici și deci un *p*H acid; nu toată substanța organică moartă se mineralizează; prin urmare, pe fund, au depozite bogate de mîl. Vieţuitoarele din ele sînt reduse ca număr și acțiunea bacteriană se exercită mai ales pe detritus alohton. Adesea se constată deficit de oxigen și chiar zamor.

Din categoria acestor lacuri fac parte lacurile mlăștinoase din regiunile nordice.

Între lacurile distrofe se pot distinge unele care sînt *alcalinotrofe*, adică conțin foarte mult calciu și fixează puternic sărurile de fosfor și de fier. Se găsesc în regiunile nordice calcaroase; altele sînt *acidotrofe*, avînd ape cu un *p*H mai mic de 5 și invadate de o floră silicofilă *(Carex, Equisetum);* altele sînt *siderotrofe*, conținînd foarte multe săruri de Fe (și ferobacterii) care se depun la fund, dînd un mîl ce uneori se exploatează pentru extracția fierului; mai sînt lacuri *argilotrofe*, conținînd în stare de suspensie o cantitate foarte mare de argilă adusă de obicei de un afluent.

În tabelul 11 sînt date caracteristicile principale ale celor trei tipuri de lacuri. Trebuie adăugat că această grupare a lacurilor nu este rigidă, deoarece aspectul lor biologic se poate schimba în timp, uneori mai repede, alteori mai încet. Datorită în special poluării apelor, viteza cu

Tabelul 11

Caracteristicile principale ale lacurilor

Caracteristicile lacurilor	Tipul biologic de lac		
	Eutrof	Oligotrof	Distrof
Răspîndire:	generală	regiuni alpine	regiuni mlăştinoase
Aspectul apei Transparenţa Culoarea	limpede redusă verzuie, galbenă, brună	curată mare albastră-verzuie	tulbure variabilă galbenă-cafenie
Temperatura	variabilă, stratificată, vara şi iarna	rece	variabilă
Adîncimea Coeficientul malului	variabilă mare	mare mic	variabilă variabil
Săruri nutritive	abundente	reduse	foarte puţine
Duritatea	variabilă	redusă	variabilă
Materii humice	puţine	lipsesc	abundente
Reacţia	neutru-alcalin	variabilă	acidă
Substanţe organice în mîl	foarte multe	foarte puţine	acizi humici
Putrescibilitatea	crescută	redusă	variabilă
Depozite de fund	gyttia (sapropel)	gyttia cu Ca sau marne	gy sau gyttia
Oxigenul în hipolimnion	puţin	mult	variabil
Plancton	bogat şi variat	puţin şi uniform	sărac
Floră macrofită	bogată	săracă	foarte redusă
Peşti	ciprinide	salmonide	nevaloroşi
Biomasa bentonică: indivizi m^2 în g/m^3	2 000—10 000 20—100	300—1 000 1—4	10—20 0,1
Stadiul evolutiv	maturitate	tinereţe	îmbătrînire
Evoluţie viitoare	prin colmatare spre baltă	spre eutrof	turbărie cu *Sphagnum* etc.

care un lac eutrof devine distrof este foarte mare. De exemplu, lacurile Zürich și Bodense din Elveția au devenit distrofe (azi chiar lipsite aproape complet de viață) din cauza deversării în ele a apelor reziduale.

DESFĂȘURAREA VIEȚII ÎN LACURI

Sub raport topografic, în lacuri putem distinge trei zone principale: zona *litorală, pelagială* și *profundală*. Delimitarea riguroasă a acestora este destul de greu de realizat pentru că fiecare lac poate varia ca întindere, sau ca adîncime. Dar o serie de fenomene biologice pot caracteriza mai bine pe fiecare din ele.

Zona litorală. Aceasta circumscrie lacul spre larg pe o întindere mai mare sau mai mică, care depinde de panta țărmului. Are o adîncime relativ mică și este limitată spre fund de acea porțiune a apelor în care cantitatea de oxigen furnizată de vegetale satisface în mod optim nevoile de respirație ale organismelor de aici. Zona litorală a lacurilor foarte adesea poate fi considerată ca o porțiune în care se întrepătrunde acțiunea factorilor din mediul terestru cu cei din mediul acvatic.

Pe solul permanent umed din apropierea lacului cresc o serie de plante de stufăriș sau de mlaștină, care înconjoară uneori bazinul într-un brîu sau o centură de vegetație alcătuită din plante elastice și rigide, ca să poată rezista la acțiunea, adesea foarte puternică, a vîntului. Totalitatea acestor plante cu conținut mare de siliciu alcătuiește „*flora dură*" a lacurilor. În figura 94 este redată alcătuirea ei și caracterele principale ale acestei biocenoze.

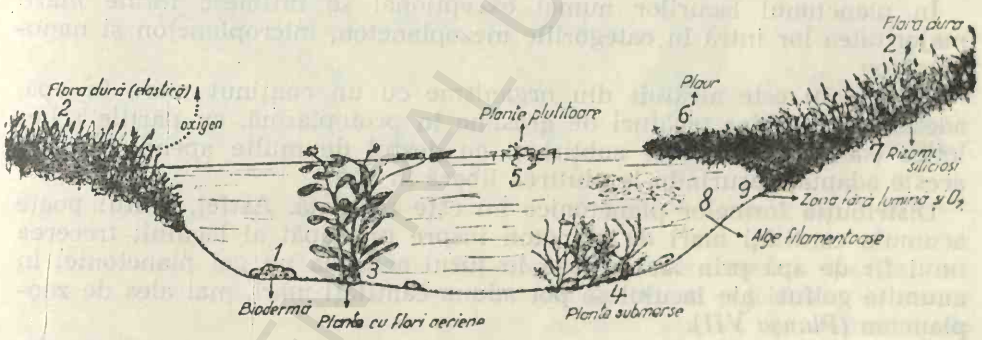


Fig. 94. Flora macrofită a lacului:

1 — bioderma: diatomee *(Gomphonema, Cocconeis, Fragilaria, Melosira)*; cianoficee *(Mycrocystis, Anabaena, Gleotrichia, Gomphosphaera)*; alte nevertebrate *(Hydra, Euspongia,* rotifere, larve de insecte). Toate constituie hrana pentru multe animale bentonice, furnizează elemente nutritive pentru plancton; *2* — „flora dură": brîu de stufăriș *(Phragmites communis, Typha latifolia, Scirpus lacustris, Carex ruparia, Juncus effusus, Glyceria aquatica, Heleocharis palustris, Equisetum limosum, Hippuris vulgaris* etc.). Pot trăi pe soluri foarte umede, sînt neputrescibile („dure"), determină succesiunea lac-baltă-smîrc-mlaștină-uscat, iau săruri din sol, O_2 îl redau atmosferei, sînt nefavorabile pentru pisicultură; *3* — plante cu flori aeriene: *Alisma plantago, Sparganium minimum, Sagittaria sagittifolia, Butomus umbellatus, Cicuta virosa, Vallisneria vulgaris, Iris pseudachorus, Nasturtium vulgare, Ranunculus aquaticus, Mentha aquatica, Symphytum officinale, Nymphaea alba, N. luteum, Trapa natans.* Unele pot trăi și pe sol umed, își împrăștie fructele cu ajutorul apei, dar acestea se maturează sub apă, fecundarea este aeriană (entomofilă), au frunzele acvatice diferite de cele aeriene; *4* — plante submerse („buruiana apelor"): *Limnanthemum nymphaeoides, Potamogeton natans, Ceratophyllum demersum, Miriophyllum spicatum; Elodea canadensis, Chara fragilis* (algă); sînt plante care trăiesc toată viața în apă, mari producătoare de O_2, reprezintă bune adăposturi pentru puietul de pește, frecvent se reproduc asexuat, dacă nu ajung în număr prea mare sînt favorabile pisiculturii; *5* — plante plutitoare: *Lemna minor, L. trisulcata, Salvinia natans, Hydrocharis morsus-ranae, Utricularia vulgaris; 6* — plaur; *7* — rizomi silicioși: pe aceștia nu se prinde biodermă, nu dau mîl, bacteriile îi atacă greu, rezultînd metan; *8* — bacterii filamentoase: *Sphaerolites, Peltomitus.* Produc fenomenul de „înflorire a apelor"; sînt alge filamentoase — plutesc în grosimea apei: *Spyrogyra viridis, Zygnaema;* nefavorabile pentru pisicultură; *9* — Zona lipsită de lumină și de oxigen.

Majoritatea lor au rădăcinile în solul acoperit cu apă de la marginea lacului și adesea chiar porțiunea inferioară a tulpinii se află în apă. Flora dură ia săruri minerale din apă, pe care însă nu le mai redă bazinului, astfel că ea sărăcește apa în săruri minerale. Majoritatea plantelor din formațiune au rădăcini sau rizomi neputrescibili, care nu dau mîl și pe care nu se prinde o biodermă. Oxigenul care rezultă din asimilația clorofiliană este redat atmosferei. Flora dură este o formațiune nefavorabilă „culturilor" de pești (vezi cele prezentate la *Delta Dunării).*

Zona pelagială. Putem distinge aici mai multe formațiuni: organisme care plutesc la suprafața apei *(epineuston* și *hiponeuston),* altele care înoată liber în păturile superficiale *(plancton)* și, în sfîrșit unele care înoată activ putîndu-se găsi fie spre suprafață, fie spre adîncul lacului *(necton).* O serie de plante prevăzute cu țesuturi aerenchimatice pot pluti la suprafața lacului.

Planctonul (numit uneori *limnoplancton)* este o formațiune destul de răspîndită în toate lacurile continentale. El este alcătuit din *fitoplancton, zooplancton* și *saproplancton.* Planctonul mai poate fi permanent în apa lacului *(holoplancton)* sau numai temporar *(meroplancton);* el poate fi propriu bazinului respectiv *(autoplancton)* sau poate fi adus din altă parte *(alloplancton).* După mărime, se împarte în *megaloplancton* (unitatea de măsură este metrul), *macroplancton* (cm), *mezoplancton* (mm), *microplancton* (peste 50 microni) și *nannoplancton* (sub 50 microni).

Limnoplanctonul este în general sărac ca număr de specii, dar poate uneori să prezinte înmulțiri extraordinare ca număr de indivizi ai unei aceleeași specii, fenomen care poartă numele de „înflorire" a apei, din cauză că aproape tot bazinul este invadat de un singur organism.

În planctonul lacurilor numai excepțional se întîlnesc forme mari; majoritatea lor intră în categoriile mezoplancton, microplancton și nanoplancton.

Planctonul este alcătuit din organisme cu un conținut mare în apă, adesea avînd chiar picături de grăsime în protoplasmă, cu părțile scheletice (sau crusta) foarte subțiri și cu destul de multe apendice, toate aceste adaptări ușurîndu-le plutirea liberă în apă.

Distribuția formelor planctonice nu este regulată. Astfel, vîntul poate acumula cantități mari de plancton înspre un capăt al lacului; trecerea unui fir de apă prin lac creează în jurul acestuia un gol planctonic; în anumite golfuri ale lacului se pot aduna cantități mari, mai ales de zooplancton *(Planșa VII).*

Fitoplanctonul este pasiv în ceea ce privește mișcarea și se localizează exclusiv în zona fotică a lacului; zooplanctonul fiind activ se poate deplasa și pe orizontală, dar mai ales mișcările lui pe verticală schimbă permanent cantitatea și compoziția acestuia. Distribuția pe verticală depinde mult de factorii de mediu: lumină, temperatură (stratificația termică), prezența hranei, oxigen, posibilitatea de plutire și de înot, vîrsta ontogenetică etc. *(Planșa VIII).*

O serie de studii făcute pe lacul Mendota (Wisconsin — S.U.A.) arată că distribuția planctonului în funcție de adîncime și de data calendaristică este foarte variabilă. Interpretarea datelor prezentate ne arată cîteva fenomene care, în general, sînt valabile pentru toate lacurile din zona continentală:

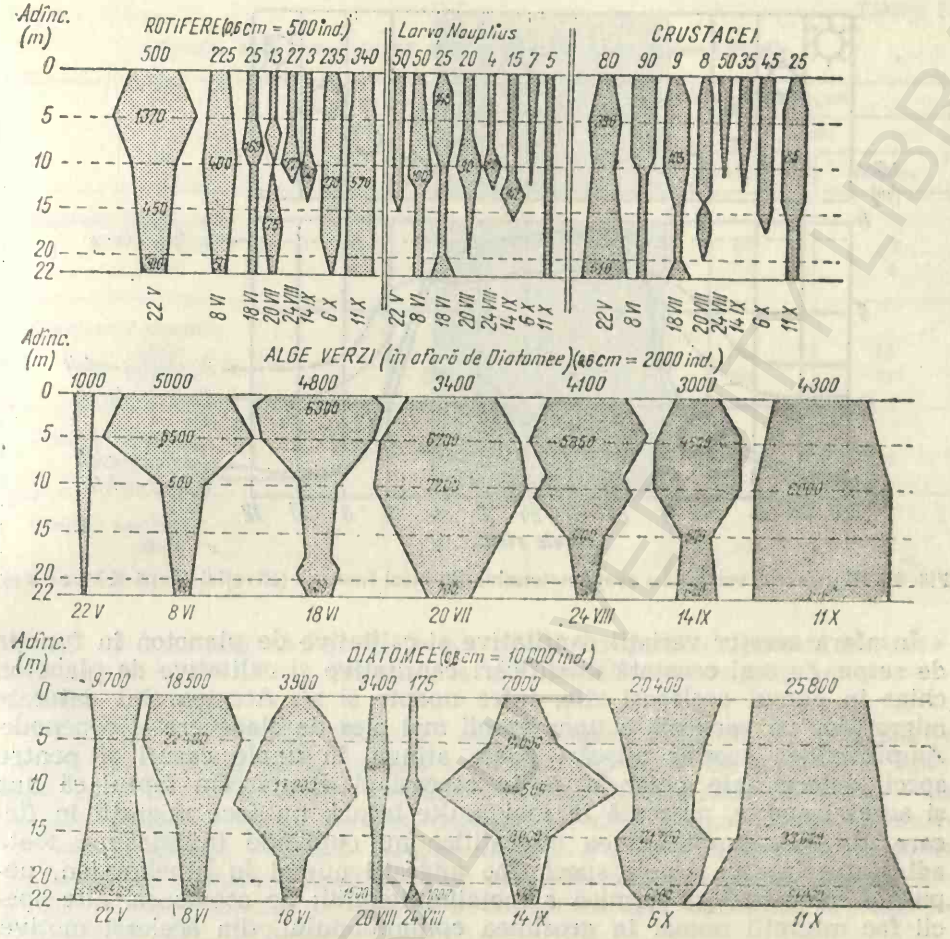


Fig. 95. Variația pe verticală a planctonului lacului Mendota (S.U.A.), în funcție de sezon.

— cele mai numeroase unități taxonomice fitoplanctonice aparțin diatomeelor al căror număr de indivizi este mai mare primăvara și toamna. Ele se găsesc răspîndite și spre adîncul apelor, la adîncimi de 10—15 m; distribuția lor pe verticală nu este uniformă, numărul maxim găsindu-se întotdeauna în păturile de apă a căror temperatură este mai scăzută;

— vara, dominante sînt cloroficeele al căror număr mare se găsește de obicei în pătura primilor 10 m adîncime; spre toamnă, și ele se retrag mai spre adînc (fig. 95).

Zooplanctonul are o distribuție destul de variată: larvele *Nauplius* se găsesc mai ales în primii 10 m adîncime; ele servesc drept hrană atît unor rotifere, cît și unor crustacei; răspîndirea acestora este cam aceeași cu a naupliilor. Crustaceii se hrănesc însă și cu diatomee pe care le rețin prin filtrare; din acest motiv răspîndirea lor este legată și de aceea a diatomeelor *(Planșa IX)*.

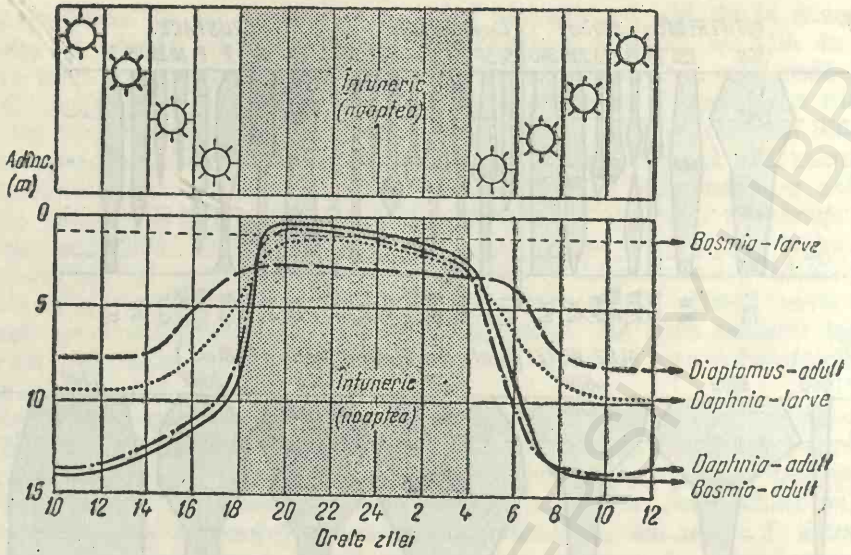


Fig. 96. Migrația pe verticală a zooplanctonului din lacul Lucerna (Elveția) (după K l a r c k e).

În afara acestor variații cantitative și calitative de plancton în funcție de sezon, se mai constată modificări cantitative și calitative de plancton chiar în cursul aceleeași zile, între noapte și zi. Acestea sînt datorate migrațiilor pe verticală a unor specii mai ales de cladocere și copepode. Amplitudinea acestor mișcări poate atinge, în unele cazuri și pentru specii determinate, chiar 50 m în aceeași zi. Remarcăm faptul că una și aceeași specie, prezentă în mai multe lacuri, nu face migrații în fiecare din ele. Amplitudinea migrațiilor nu cuprinde întotdeauna toată adîncimea lacului. Unele specii fac migrații numai în hipolimnion, neputînd trece bariera termică a metalimnionului; de asemenea, alte specii fac migrații numai în grosimea epilimnionului, din aceleași motive. Dintre speciile care efectuează migrații ample amintim: *Daphnia, Bosmina, Polyphemus, Limnocalanus, Diaptomus, Cyclops, Keratella* (fig. 96). Viteza cu care au loc migrațiile nu este aceeași la urcare sau la coborîre. În tabelul 12 sînt cuprinse cîteva date referitoare la migrația unor zooplancteri din lacul Lucerna (Elveția).

Viteza de coborîre și de urcare din timpul serii-nopții sînt foarte asemănătoare; în schimb, viteza de urcare din perioada amiază-seară este mult mai înceată. În toate cazurile aceste mișcări pe verticală consumă o mare cantitate de energie pe care animalele trebuie să o recapete prin hrană.

Migrațiile pe verticală sînt determinate mai ales de procurarea de hrană în păturile superioare ale zonei fotice a apelor. Ele au loc noaptea; probabil că în această perioadă sînt mai ferite de dușmani care, ziua, le-ar vedea și ataca. S-a crezut că ele se datorează unui fototactism negativ; chiar dacă acesta mai acționează, el este consecința unui anumit ritm biochimic al organismului iar lumina a devenit doar excitantul care determină declanșarea fenomenului de migrație în zone

Tabelul 12

Migrația unor zooplanctoneri din lacul Lucerna și caracteristicile ei

Specia	Întinderea migrației (m)	Viteza de migrare în m/min		
		coborîre	urcare	
			ziua	noaptea
Daphnia longispina :				
— adult	10—40	5	25	6
— puiet	5—60	3	17	4
Diaptomus sternus :				
— adult	13—30	12	60	15
— puiet	20—37	20	60	12
Cyclops sternus :				
— puiet	12—46	7	60	5
Cyclops leuckarti :				
— adult	3—15	20	105	12

cu ape mai întunecoase și lipsite de mulți dușmani. Adesea și temperatura poate interveni în declanșarea sau modificarea migrațiilor pe verticală.

Cantitatea totală de plancton sau *biomasa planctonică* variază de la un lac la altul, de la un sezon la altul și chiar de la zi la noapte. Este ușor să ne explicăm această variație, determinată de factorii de mediu; dar de valoarea acesteia depinde în bună măsură hrana animalelor planctonofage. Sărurile biogene au un rol determinant în valoarea biomasei planctonice. Cantitatea lor depinde de aceea a substanțelor organice moarte, solvate sau nu, și a vitezei cu care bacteriile le descompun redînd sărurile biogene apei.

În lacul Mendota s-a evaluat că pe o suprafață de un hectar biomasa uscată a planctonului este de circa 12 000 kg. Ea constituie o hrană primordială și de mare valoare, deoarece de cantitatea acesteia depind toate lanțurile trofice din lacuri. În medie, biomasa planctonică uscată conține: 35% proteine, 60% glucide și 5% lipide; pentru a oxida 1 g de astfel de plancton uscat sînt necesari 1,5 litri de oxigen.

Evaluarea corectă a biomasei este încă destul de dificilă din cauză că mulți autori o apreciază fie în mm^3, fie în grame — greutate proaspătă, fie în grame — greutate uscată raportată la m^3/apă. Aceste valori sînt greu de pus într-o deplină corelație.

În lacul Balaton, O. Sebestyen a arătat existența unor fluctuații mari în ceea ce privește numărul indivizilor planctonici între iarnă și vară (300 000 indivizi/l vara; 120 000/l iarna — fitoplancton (alge) și 100 indivizi/l iarna; 1 000 indivizi/l vara — zooplancton). Aceasta ar corespunde unei biomase de circa 1 000 mm^3/l fitoplancton și 650 mm^3/l zooplancton vara și 430 mm^3/l fitoplancton și 580 mm^3/l zooplancton iarna, ceea ce reprezintă o cantitate relativ mică.

Foarte importantă este, însă, posibilitatea de „reproducere" a biomasei unui lac, adică viteza cu care ea se reînnoiește pe măsură ce se consumă. *Cu cît această viteză de reînnoire este mai rapidă, cu atît valoarea planctonului în bilanțul general al vieții din lac este mai mare.*

La suprafața apei lacurilor se află neustonul legat de pătura de apă superficială. Dintre vegetale se întîlnesc aici *Lemna, Salvinia, Hydrocharis, Utricularia* (aceasta din urmă este o plantă carnivoră ce prinde în capcanele sale crustacei mici care-și caută un refugiu în orice cavitate). O parte a corpului acestor organisme este aeriană și o parte se găsește în apă. În hiponeustonul lacurilor alpine sînt multe forme de planarii al căror mucus dă apei irizații curioase. Dar aici se mai găsesc protozoare ca *Arcella*, cladocere ca *Dadayra macrops*, ostracode ca *Oncocypris* etc.

Nectonul este alcătuit din specii de animale care înoată în grosimea apei, putîndu-se găsi în toată întinderea și adîncimea lacului. El este reprezentat în special de pești, dar sînt și hirudinee sau chiar unele larve de insecte, sau insecte adulte, ca și unii crustacei mai mari care trăiesc în acest biotop. Tot în această categorie intră și broasca țestoasă de apă, șerpii de apă care, cu toate că pot ieși pe uscat, sînt legați de hrana acvatică pe care o găsesc mai ales în profunzimea apelor lacustre.

În lacurile eutrofe pești mai comuni sînt ciprinidele, iar în lacurile oligotrofe salmonidele. Chiar și unele păsări sau mamifere care trăiesc pe lîngă lacuri și se hrănesc cu pește se consideră că intră în categoria animalelor nectonice, deoarece ele pot înota după pradă.

În lacurile adînci (Baikal, Tanganika, marile lacuri din S.U.A.) nectonul reprezintă o parte însemnată a masei vii. În aceste lacuri s-au făcut chiar subclasificări nectonice după adîncime, care însă nu sînt reale, deoarece un pește din păturile superioare foarte adesea coboară la adîncimi mai mari, și invers. În lacurile mari se găsesc și bancuri de pești care, pentru a evolua, au nevoie de spațiu. Nectonul este o formațiune mai importantă în oceanologie.

Bentosul cuprinde totalitatea organismelor care se găsesc în mod stabil la fundul apelor. Putem vorbi de un bentos *litoral* și de unul *profundal*. (Distincțiile între zonele bazinului sînt încă destul de greu de stabilit cu precizie) (tab. 13).

Prezentăm cîteva date asupra a 3 lacuri din S.U.A.:

Lacul	Zona		
	Litorală	Sublitorală	Profundală
Lacul Douglas (Michigan)	0—9 m	9—15 m	15—28 m
Lacul Third Sisters (Michigan)	0—3 m	3—10 m	10—18 m
Lacul Kirkville (New-York)	0—3 m	3— 8 m	8—61 m

La țărmul lacului se găsește aproape întotdeauna o zonă de nisip, pe care valurile înaintează și o spală periodic. Pe vreme liniștită ea nu se acoperă cu apă, dar dacă se sapă cîțiva zeci de cm în adîncime se dă de un nisip umed, bine îmbibat cu apă; în groapă se colectează apă

Clasificarea zonală a lacurilor după diferiţi autori

Zona	Thieneman (lacuri germane)		Wessenberg-Lundt (Danemarca)	Ekman (Suedia)	Blomgren Lundquist (Suedia)			Lenz (Austria)		Forel (Elveţia)	Muttkowski (Mendota-SUA)			
Excepţional stropită cu apă	regiune de ţărm	mal			epilitoral		litoral	epilitoral						
Spălată de valuri					supralitoral			supralitoral			acumulări de resturi		eulitoral	litoral
Submersă la ape mari					eulitoral			eulitoral			linia de ţărm			
Plante emerse		litorală	litorală	litorală	sublitoral			exprofundal	litoral	litorală	plante emerse	zona de vegetaţie		
Plante cu frunze plutitoare					macrolitoral	eulitoral								
Plante submerse				sublitorală							plante submerse			
Zona de tranziţie	sublitorală		sublitorală	profundală	microlitoral				profundal	profundală	sublitorală			
Lipsită de plante	profundală		profundală		profundală			euprofundal			afital			

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

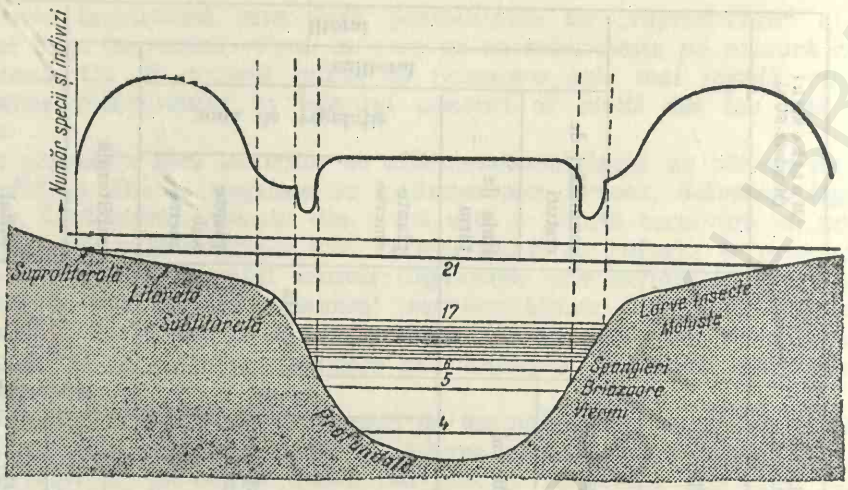


Fig. 97. Variația cantitativă a bentosului în raport de adîncimea și temperatura.

și în aceasta se găsesc numeroase animale. Nisipul litoral reprezintă, în ansamblu, un biotop care poartă denumirea de *psamon*, constituindu-se și aici subdiviziuni.

Făcînd un bilanț al numărului speciilor pe o secțiune radiară a lacului se constată o distribuție neuniformă a acestora (fig. 97). În bentosul litoral predomină larvele de insecte și moluștele (de exemplu, *Limnaea);* în profundal se găsesc spongieri, briozoare, plathelminți, anelizi, nematozi, bivalve, iar în regiunea de fund, săracă în oxigen, se întîlnesc mai ales chironomide *(Planșa X).* Nu toate aceste specii se pot găsi în același lac, ci numărul lor depinde de o serie de factori locali care diferă de la un lac la altul.

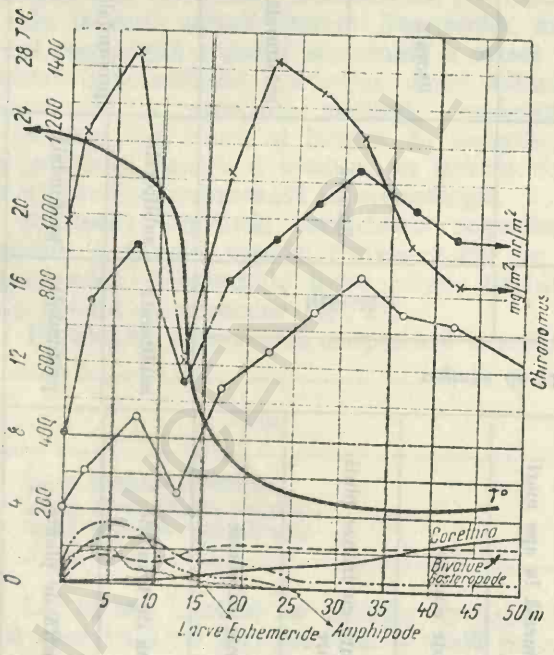


Fig. 98. Biomasa bentonică a lacului Simcoe, în raport cu adîncimea.

Determinarea numărului de indivizi pe m^2 și biomasei în g/m^2 în lacul Simcoe din Canada a arătat că populația cea mai deasă se află în primii 10 m adîncime (fig. 98), că în dreptul termoclinei numărul și biomasa scad puternic, pentru a crește apoi din nou spre adîncimea de 20—30 m, mai ales prin prezența chironomidelor. Desimea maximă de

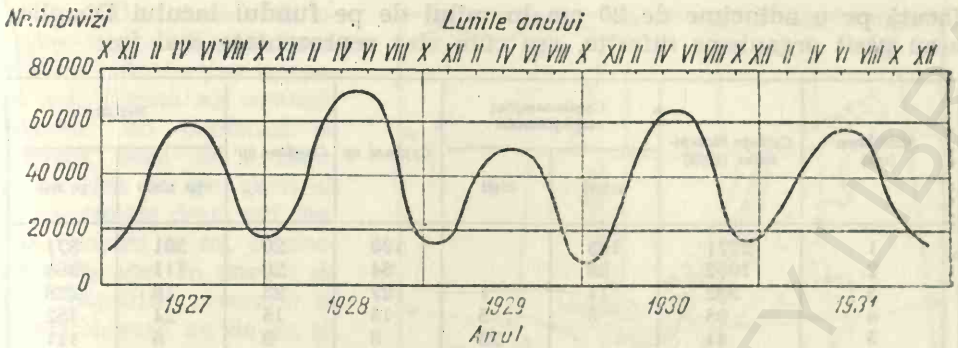


Fig. 99. Variația cantitativă a bentosului lacului Third-Sisters (indivizi/m²).

populații se găsește la o profunzime care depinde de adîncimea maximă a lacului și de mărimea acestuia. În lacul Michigan, de peste 240 m adîncime, desimea maximă a indivizilor de *Pontoporeia* s-a găsit între 40 și 50 m *(Planșa XI)*.

Microbentosul este foarte bine reprezentat. Analizîndu-se 10 cm³ de nisip din biotopul psamonului din regiunea litorală (la 1—1,5 m distanță de marginea apei) a lacului Wisconsin (S.U.A.), s-au găsit: 4 000 000 bacterii, 8 000 protozoare, 400 rotifere, 40 copepode, 20 tardigrade.

În regiunea litorală numărul organismelor depinde însă și de natura substratului:

Substratul	Numărul organismelor pe m²	
	Lacul Oneida	Lacul Winnebago
Pe fund de piatră	1 945	321
Pe fund de pietriș	1 944	1 579
Pe fund de nisip	3 421	1 326
Pe fund de mîl	5 866	1 450
Pe vegetație	263	4 400

Pe lîngă natura fundului se înțelege că și apa cu factorii ei fizico-chimici este aceea care determină desimea populațiilor bentonice.

Schimbări profunde se produc în cantitatea și calitatea bentosului și în funcție de sezon. În general, pentru un același lac se constată o anumită periodicitate a acestei variații bentonice (fig. 99), ceea ce concordă cu periodicitatea factorilor de mediu.

În mîlul de pe fundul lacustru se pot găsi forme active și forme de rezistență a multor organisme acvatice *(Planșa XII)*. La o determinare

făcută pe o adîncime de 20 cm în mîlul de pe fundul lacului Douglas, s-au găsit organisme diferite, așa cum sînt reprezentate mai jos:

Adîncimea (cm)	*Cyclops bicuspidatus* (ciști)	*Canthocamptus staphylinoides*		*Cypraea* sp	*Candona* sp.	Nematode	
		activi	ciști			pe nisip	pe mîl
1	2771	168		120	20	301	571
2	1902	28		54	26	111	366
3	392	11	1	27	23	18	228
4	95	5	5	13	15	24	152
5	41		23	3	9	5	111
6	2						
7			222		24		11
8							
9							
10							
11			247		16		18
12							
13							
14			63		8		11
15							
16							
17			29		6		6
18							
19			29		2		2
20							
Total	5203	212	619	217	151	459	1476

Formele active sînt numai în primii 5 cm adîncime, acolo unde consistența mîlului le permite o ușoară mișcare; mai înspre adînc se găsesc numai forme de ciști. Mîlul de fund conține mai multe forme animale decît același volum de nisip de fund *(Planșa XIII)*.

Ar mai trebui adăugat că și în jurul lacului, care constituie un biotop special, se întîlnesc o serie de animale dintre cele mai diferite. Pe arborii și arbuștii din jur viețuiesc numeroase insecte și larvele acestora, care, în anumite împrejurări, cad în apa lacului. Adesea larvele acestor insecte trăiesc în apă servind drept hrană mai ales peștilor. În lacuri trăiesc și insecte adulte care concurează peștii în ceea ce privește hrana. Dintre vertebrate se găsesc diferiți batracieni, reptile (*Emys, Natrix* ș.a), multe păsări (lișița, rața sălbatică, stîrcul etc.) și multe mamifere (guzganul de apă, ondatra, vidra, nurca, șoarecele cu bot ascuțit etc.). Toate acestea se hrănesc cu organisme vii din lac (în multe cazuri cu animale bolnave care nu se pot ascunde la timp și, prin aceasta, păsările de exemplu îndeplinesc și un fel de „rol sanitar“).

CÎTEVA EXEMPLE DE LACURI ȘI VIAȚA DIN ELE

Lacul Baikal. Este cel mai adînc lac din lume (adîncime maximă 1 741 m) și cel mai mare din Asia (31 500 km²); este, de asemenea, și unul din cele mai vechi lacuri cunoscute.

Lacul Baikal este de origine tectonică și datează probabil din terțiar, aproape sub forma sa actuală. Nivelul lui continuă să crească, ceea ce a făcut ca un sat de pe țărm să fie mutat de două ori mai sus, pentru a nu fi acoperit de ape. În partea de sud pășunile riverane se înmlăștinează an de an și, din această cauză, se restrîng. Au loc mișcări orogenetice, cutremure, în jurul Baikalului se găsesc o serie de izvoare termale, ceea ce arată că întreaga regiune nu este încă definitiv consolidată. Lacul are o formă de seceră desfăcută cu lungimea de 636 km și lățimea maximă de 79 km și este așezat într-o depresiune a Munților Saian. Formațiunea cuprinde trei bazine: cel de sud, cu adîncimea maximă de 1 473 m (media de 810 m), este despărțit de bazinul mijlociu de o creastă ce se găsește la 428 m; în al doilea bazin adîncimea maximă este de 1 741 m (media 803 m) și este despărțit de cel de al treilea bazin de creasta numită „academică", la 400 m adîncime; în cel de al treilea bazin (nordic), maxima adîncimii este de 983 m (media 564 m) (fig. 101). Fundul celor trei bazine este acoperit de un mîl cu diatomee.

Fig. 100. Bazinul hidrografic al lacului Baikal.

Apa lacului conține 90 mg/l săruri minerale. Dintre săruri lipsesc aproape complet cele de fier și se găsesc foarte puține cele de Ca și Mg. Este o apă „moale".

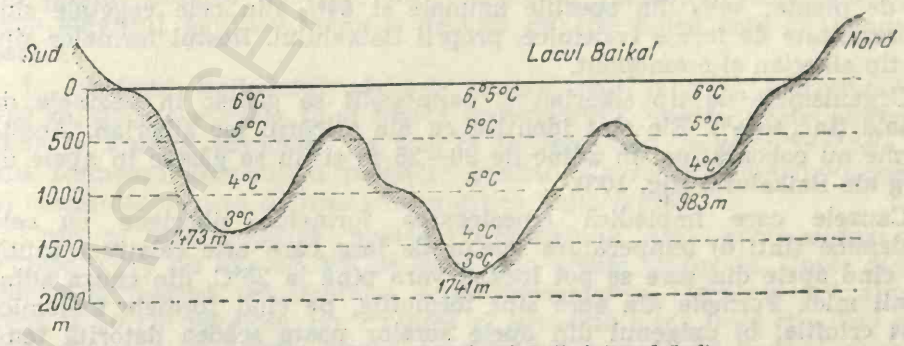


Fig. 101. Secțiune prin lacul Baikal (Nord-Sud).

Fig. 102. Variațiile termale ale lacului Baikal.

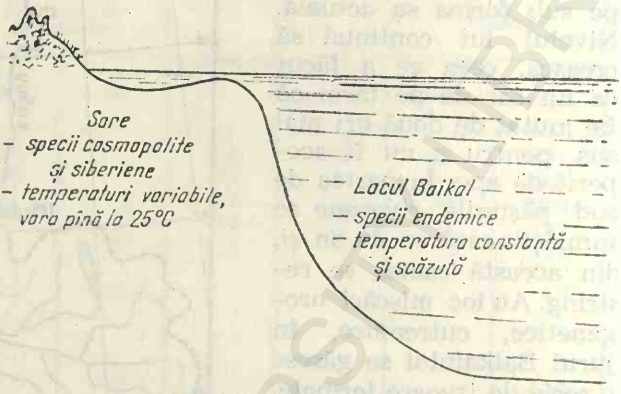


Fig. 103. Sorele Baikalului.

Malurile Baikalului sînt foarte neregulate. În multe golfuri apele au spălat uscatul formînd bazine puțin adînci numite *sore*.

Apa lacului conține pe toată grosimea o cantitate aproape la saturație de oxigen (se observă o ușoară scădere a acestuia, totuși la fund s-au determinat pînă la 75% oxigen posibil la temperatura respectivă).

Temperatura apelor este foarte scăzută și constantă. La suprafață temperatura este în jur de 4—5°C (chiar vara ea nu urcă peste 10°C), iar la fund temperatura este de 3°C. Aceste mici diferențe termice se datorează presiunii hidrostatice de 170 atmosfere care deplasează densitatea maximă spre temperaturi ceva mai ridicate.

Variațiile termice sezoniere sînt relativ mici. Ele nu se resimt sub 500—600 m (fig. 102). Aproape în fiecare iarnă Baicalul îngheață pe toată suprafața sa. Dacă vremea este liniștită se formează o gheață foarte transparentă prin care lumina poate pătrunde ușor, astfel că fenomenele de asimilație clorofiliană nu se opresc. În acest timp se poate vedea ușor datorită transparenței apei, pînă la adîncimea de 10 m.

În Baikal se găsesc peste 1 000 specii de animale și mai mult de 700 specii de plante; 84% din speciile animale și 44% din cele vegetale sînt reprezentate de forme endemice, proprii Baikalului. Restul formelor sînt de tip siberian și cosmopolit.

Organismele de tip siberian și cosmopolit se găsesc în bazinele de coastă (în „sore"). Ele sînt identice cu ale oricărui lac siberian. Aceste forme nu coboară mai în adînc de 20—25 m și nu se găsesc în apele de larg ale Baikalului (fig. 103).

Cauzele care împiedică amestecarea formelor siberiene cu cele endemice sînt: *a*) temperatura apelor de larg care este relativ scăzută, pe cînd apele din sore se pot încălzi vara pînă la 25°C, din cauza adîncimii mici. Formele din sore sînt termofile, pe cînd formele endemice sînt criofile; *b*) oxigenul din apele sorelor poate scădea datorită temperaturii la mai mult de jumătate din cantitatea necesară, pe cînd în

apele din larg oxigenul nu scade niciodată sub 90% din capacitatea de saturare permisă de temperatură. Formele endemice necesită permanent cantități mari de oxigen; c) alcătuirea ionică a apelor din sore care conțin de circa 10 ori mai mult Ca și Mg decît apele de larg ale Baikalului. Raportul ionic *(factorul rhopic)* variază deci foarte mult și constituie un factor-barieră în amestecare formelor vii.

Asupra proveniență organismelor endemice din Baikal există două teorii: una a fost formulată de L. Berg, care consideră că toate organismele vegetale și animale ale Baikalului își au originea în forme dulcicole vechi, locale. Dacă există unele asemănări cu organismele marine, aceasta se datorează condițiilor de presiune hidrostatică asemănătoare cu acelea din mări și oceane (organisme thallasiforme). L. Berg susține că populația endemică a Baikalului actual este o continuare a populației dulcicole din terțiar care a luat un caracter endemic în procesul de adaptare pe parcursul unei lungi perioade de timp.

G. Veresciaghin susține că populația actuală a Baikalului are o proveniență dublă: o parte din formele dulcicole continentale provin încă din mezozoic și trăiau în lacurile ce se găseau în aceste regiuni, iar altă parte din forme marine nordice, care au pătruns în lacurile dulci mezozoice, atunci cînd ele veneau în contact cu mările vechi, sau care au putut pătrunde în aceste lacuri prin rîurile care le legau de bazinele marine. Această din urmă ipoteză este mai verosimilă și, în general, admisă.

Din planctonul Baikalului fac parte o serie de infuzori, diatomee, crustacei endemici, dintre care cyclopidul *Epischura baikalensis* și amfipodul *Macrohectopus branickii* sînt foarte abundente *(Planșa XIV)*.

Epischura („epișura", în denumire locală) are o lungime de 1 mm, este stenotermă, face migrații diurne pe o adîncime de 25 m și nu se întîlnește niciodată în ape cu temperaturi peste 10°C. Este hrana principală a lui *Coregonus migratorius*, peștele cel mai frecvent capturat din Baikal. În plancton biomasa poate ajunge pînă la 1 000 mg/m^3, din care epișura poate, în unele locuri și anotimpuri, să constituie circa 90%.

Macrohectopus („iur", în denumirea locală) ajunge pînă la 30 mm, are corpul semitransparent și se întîlnește pînă la cele mai mari adîncimi ale lacului, dar face migrații diurne, noaptea adunîndu-se în cantități mari la suprafață. Constituie hrana principală a guvizilor endemici: *Comephorus baikalensis* și *C. dybowskii* care, de asemenea, reprezintă un produs piscicol de mare însemnătate al Baikalului. *Macrohectopus* este singurul amfipod complet pelagic de apă dulce care se cunoaște astăzi.

În bentosul Baikalului plantele se pot fixa pînă la adîncimea de 100 m, deoarece apele fiind foarte transparente, lumina poate pătrunde pînă la această adîncime. În special în regiunea coastelor plantele de apă formează ascunzișuri potrivite pentru o serie de animale acvatice și constituie o sursă de hrană macrofitică importantă.

Ceea ce caracterizează bentosul Baikalului sînt gammaridele (v. *Planșa XIV*). Se cunosc 292 de specii din aceste amfipode. Unele dintre ele ating mărimi remarcabile: *Acanthogammarus*, *Garaevia* pot ajunge pînă la 10 cm lungime, iar *Pallasea* și *Brandtia* ating 6—8 cm. Toți sînt viu colorați și în număr foarte mare (pe m^2 se pot găsi în mod obișnuit

pînă la 1 000 indivizi). Ei constituie hrana principală a peștilor bentonofagi.

Multe moluște gasteropode sînt organisme specifice ale bentosului. Cele mai tipice sînt din genul endemic *Baikalia* cu mai multe specii. Cochilia acestora se caracterizează printr-o finețe extraordinară, iar ultima spiră uneori este formată numai din foița tegumentară neminerală. Aceasta se datorează în bună parte și lipsei sărurilor de calciu din apa Baikalului dar și calmului relativ al apelor. Multe din ele se găsesc în sore, unde numărul lor poate ajunge la 900 indivizi/m².

Dintre viermi, foarte caracteristic este *Manayunkia baikalensis*, un polichet ce trăiește în căsuțe făcute din granule de nisip și mîl și care ajunge pînă la 15 mm lungime. Genul *Manayunkia* mai este răspîndit, împreună cu alte specii, în Oc. Pacific și Oceanul Înghețat de Nord, constituind una din dovezile cele mai puternice ale originii duble a organismelor actuale ale lacului Baikal.

Dintre spongieri specific este *Liubomirskaia baikalensis*, colorat în verde din cauza simbiozei cu algele zoochlorele. El crește dendritiform și alcătuiește cîmpuri în care ajunge la înălțimi de pînă la 70 cm.

Biomasa bentonică a Baikalului, pînă la adîncimea de circa 100 m, este în medie de 15 g/m². Ea este alcătuită mai ales din forme mici care intră în hrana peștilor bentonofagi. Formele mari bentonice sînt puține. În sore biomasa bentonică este în cantitate mult mai mică decît deasupra apelor din larg.

Dintre cele 45 specii de pești ale Baikalului, specifici lacului sînt niște rude ale guvizilor: *Comephorus baikalensis*, *C. dybowskii* ș.a. care înoată în apele de larg și care ajung la 20 cm lungime. Corpul lor este roz, albastru, portocaliu, nu au solzi și sînt semitransparenți. Sînt prădători, se hrănesc aproape exclusiv cu *Macrohectopus*. Le lipsesc înotătoarele abdominale, iar cele pectorale sînt foarte lungi și dezvoltate. Alți pești ai aceluiași gen sînt bentonici. Acești pești din Baikal constituie unul din elementele endemice cele mai caracteristice.

Se mai găsesc și *Coregonus migratorius* („omúl", în denumire locală) și *C. lavaretus* („sig"), care dau, cantitativ, cel mai mult pește din Baikal (circa 85%).

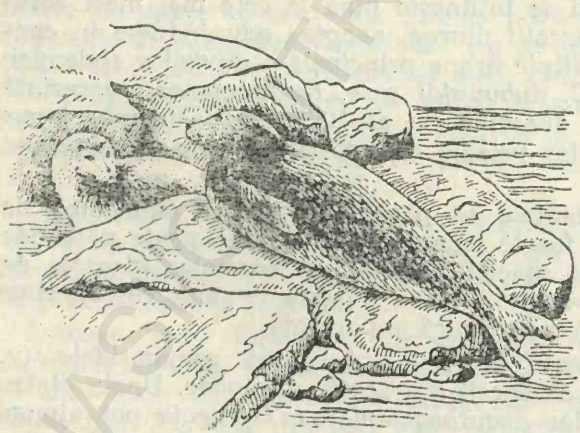


Fig. 104. *Phoca sibirica* (lacul Baikal).

În Baikal trăiește și *Phoca sibirica* (fig. 104), mai ales în regiunea nordică.

În fauna Baikalului unele genuri au foarte multe specii endemice: 2 genuri de planarii cu 50 specii; 1 gen de oligochet cu 13 specii; 2 genuri de ostracode cu 19 specii; 1 gen de molusc cu 34 specii; 5 genuri de amfipode cu 239 specii etc. Numărul

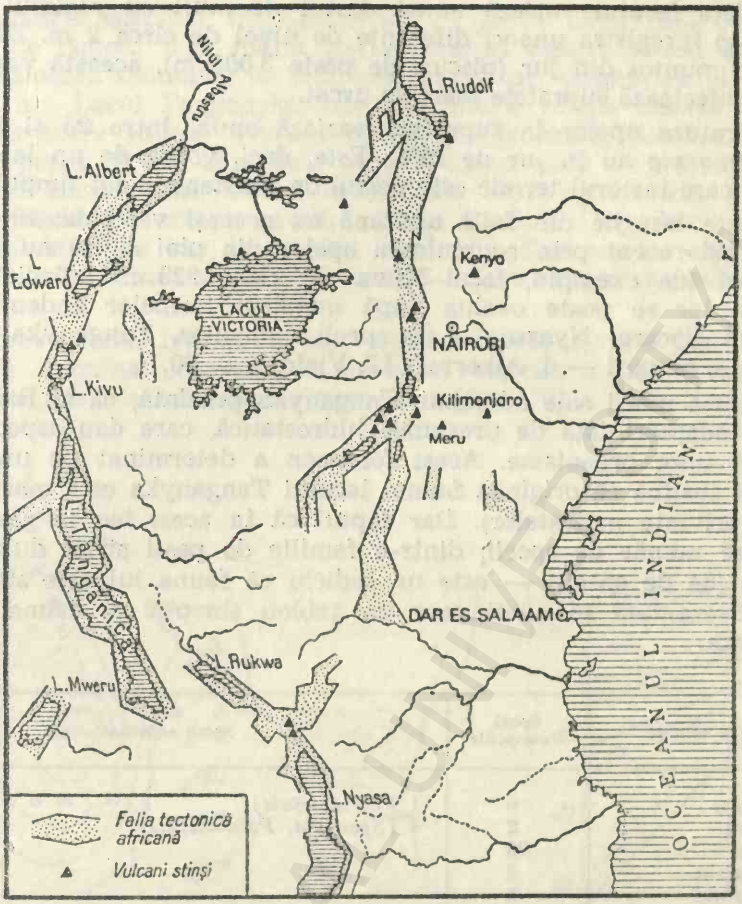


Fig. 105. Falia tectonică a Africii și principalele lacuri.

mare de unități taxonomice denotă că în Baikal, în decursul timpului, au luat naștere multe specii noi. Baikalul este un „leagăn" de specii noi, ceea ce arată vechimea lui foarte mare.

Lacul Tanganyka. Al doilea lac al lumii, în ceea ce privește adîncimea, este Tanganika, situat în șirul lacurilor ce ocupă marea falie de S—N a Africii, care începe cu lacul Nyassa, se continuă cu Tanganyka, Kiwu, Eduard, Albert, pe de o parte, și cu ramificația faliei în care se găsește lacul Victoria, apoi înspre nord urmează Marea Roșie, golful Acra, Marea Moartă (fig. 105).

Această falie își are originea în mișcările tectonice din perioada terțiarului.

Cel mai mare lac dintre cele citate mai sus este Tanganyka, cu o lungime N—S de 760 km, o lățime variabilă între 22 și 80 km, avînd o suprafață totală de circa 32 880 km² și o adîncime maximă de 1 435 m.

Suprafața lacului variază anual destul de mult cu regimul ploilor, putîndu-se înregistra uneori diferențe de nivel de circa 2 m. Din cauza reliefului muntos din jur (piscuri de peste 3 000 m), această variație de nivel nu afectează suprafețe mari de uscat.

Temperatura apelor la suprafață variază anual între 25 și 28°C iar la adîncime ele au în jur de 22°C. Este, deci, vorba de un lac cu ape calde, în care factorul termic este destul de constant în tot timpul anului.

Nu toate lacurile din falia africană au aceeași vechime; unele s-au format mai recent prin acumularea apelor din ploi și nu au adîncimi prea mari (de exemplu, lacul Kiwu are doar 325 m adîncime). Dar vechimea lor se poate evalua după numărul formelor endemice care trăiesc în fiecare: Nyassa — 60 specii endemice. Tanganyka — 121, Kiwu — 3, Eduard — 6, Albert — 17, Victoria — 60.

Din cauza marii sale adîncimi, Tanganyka prezintă, ca și Baikalul, o serie de adaptări față de presiunea hidrostatică, care dau aspect „thallasiform" unor organisme. Acest fenomen a determinat pe unii naturaliști să susțină că originea faunei lacului Tanganyka este marină (mai ales în privința moluștelor). Dar faptul că în acest lac se găsește cel mai mare număr de specii, dintr-o familie de pești strict dulcicoli — cichilide (84 de specii) — este un indiciu că fauna lui este strict dulcicolă. Prezentăm în continuare un tablou sinoptic al faunei lacului Tanganyka:

Grupa de animale	Specii cosmopolite	Specii endemice
Protozoare	6	1 *(Peridinopsis)*
Spongieri	2	4 *(Spongilla, Potamolepsis)*
Rotifere	28	1
Gastrotriche	6	—
Turbelariate	6	—
Nematode	7	—
Briozoare	2	3 *(Plumatella, Fredericella)*
Macrure	—	12 *(Palaemon moorei, Mimnocardina, Cardiella, Atyella)*
Brachiure	1	1
Eucopepode	9	23 *(Diaptomus, Schizopera, Cyclops)*
Branchiure	2	7 *(Argulus)*
Ostracode	2	20 *(Cypria, Paracypria, Cypridopsis)*
Gasteropode	8	76 (majoritatea thallasiforme)
Lamelibranhiate	3	14
Hydracarieni	3	3 *(Limaesia, Neumania, Mideopsis)*
Pești	25	121 (chiracinide-2 sp.; clupeide-2; cyprinide-9; siluride-11; cyprinodontide-2; serranide-4; cichilide-84; mastacembelide-71)

Batracieni:	*Xenopus muelleri, X. laevis*
Chelonieni:	*Sternothobais sinnuatus, S, derbianus, S. nigricans, Polomedusa galeata, Cycloderma frenatum*
Ofidieni:	*Tropidonotus olivaceus, Glypholyon bicolor, Grayintholloni, Boulengerina storsi*
Mamifere:	*Hippopotamus amphibius, Lutra maculicollis, Aonyx capensis*

Și în cadrul speciilor fitoplanctonice se găsesc circa 70% forme endemice. Se cunosc încă foarte puține lucruri despre fauna bentonică, despre valoarea biomasei în diferitele biotopuri, despre ciclul materiei în acest lac. Lacul Tanganyka este însă foarte intens studiat astăzi în comun de către statele riverane (Burundi, Tanzania, Zambia și Zair), deoarece peștii de aici constituie o sursă importantă de proteine pentru populațiile acestor țări. Datele cercetărilor încă nu au fost publicate.

Lacul Ohrid. Se află la granița dintre R. S. F. Iugoslavia și R. P. Albania și la cîțiva km de granița cu Grecia. Este un lac alpin de tip oligotrof, cu o adîncime maximă de 286 m, înconjurat de culmi înalte muntoase.

Apa provine din izvoare și din topirea zăpezilor; este foarte curată (fig. 106). Lumina pătrunde în cantitate suficientă pentru asimilația clorofiliană, pînă la adîncimi de circa 30 m (fig. 107).

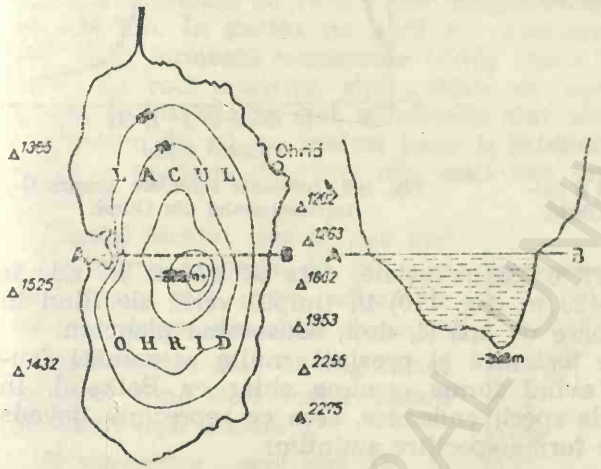


Fig. 106. Topografia lacului Ohrid (R.S.F. Iugoslavia).

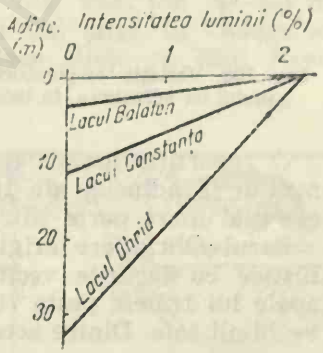


Fig. 107. Pătrunderea diferențială a luminii în cîteva lacuri.

Regimul termic este cel al lacurilor oligotrofe, iarna temperatura putînd fi aceeași de la suprafață pînă la adîncimea cea mai mare, vara avînd la suprafață pături de ape mai calde și o zonă de metalimnion, cu salt termic la 25—40 m. Cantitatea de oxigen în dreptul metalimnionului din timpul verii suferă o creștere față de suprafață, dar chiar în sezonul cel mai cald (iulie) în apele superficiale oxigenul nu scade sub 6 mg/l (fig. 108).

Fitoplanctonul este răspîndit mai ales în păturile superioare și cantitatea lui variază cu anotimpul, ca număr de indivizi la litru (fig. 109). În timpul primăverii (în lunile V—VI) și al toamnei (în lunile VIII—IX) predomină diatomeele, iar în timpul verii (lunile V—VIII) predomină cloroficeele. În perioadele de vîrf numărul indivizilor fitoplanctonici poate ajunge pînă la 150 000 pe litru, iar în timpul iernii (în lunile I—III) el poate scădea pînă la 10 000 indivizi la litru.

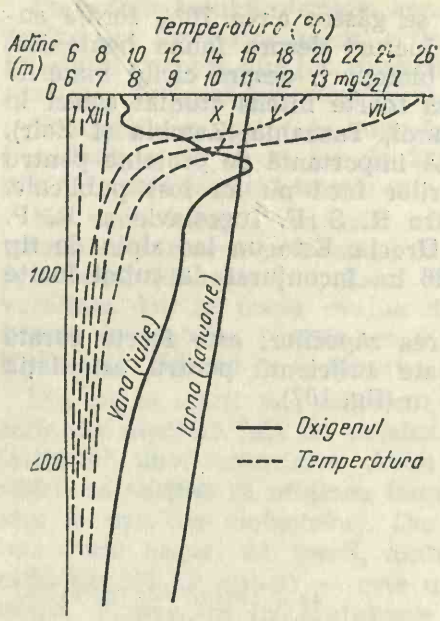


Fig. 108. Variația temperaturii și a oxigenului cu adîncimea, în lacul Ohrid.

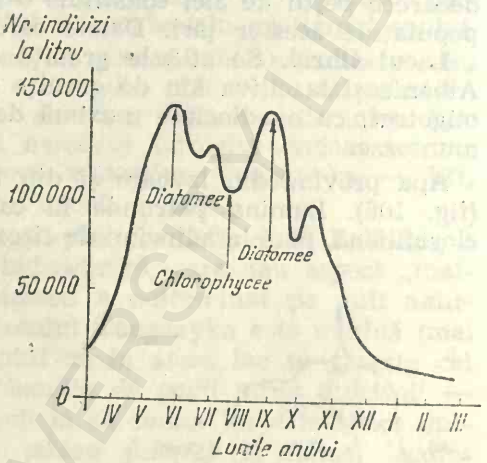


Fig. 109. Influențe sezoniere asupra fitoplanctonului din Ohrid.

O repartiție asemănătoare o au moluștele, care se găsesc în număr maxim la adîncimi de 10—20 m (fig. 110) în timpul verii, ele fiind în cea mai mare parte filtratoare de apă și, deci, consumînd plancton.

Lacul Ohrid are origine tectonică și prezintă multe asemănări faunistice cu lacurile vechi, avînd forme comune chiar cu Baikalul. În apele lui trăiesc peste 70 de specii endemice, ceea ce reprezintă dovada vechimii sale. Dintre aceste forme specifice amintim:

Spongieri	*Ohridospongia rotunda*
Turbelariate	*Fonticola ohridiana, Neodendrocoelum ohridense*
Nematozi	*Theristus subsetosus, Punctodon ohridensis*
Oligochete	*Eiseniella ohridiana, Tubifex ohridanus, Peloscolex stankovicii, Thyacondrilus punctatus, Lamprodrilus pygmaeus* (există și în Baikal), *Criodrilus ohridensus*
Moluște	*Valvata relicta, Pyrgula stankovicii, Ginaia, Horatia*
Entomostracei	*Cyclops ohridanus*
Ostracode	*Candona triangulata, C. neglecta*
Amfipode	*Gammarus ohridensis*
Isopode	*Proasellus ohridianus*
Hydracarieni	*Copidognathopsis tectiporus*
Pești	*Salmothynus ohridanus, Salmo letnica, Pachychilon pictus, Phoxinellus minutus*

La marginea lacului, în localitatea Ohrid, se află o stațiune de studii hidrobiologice a acestui lac, care a publicat multe lucrări și o monografie complexă asupra condițiilor fizico-chimice și a vieții din acest lac oligotrof.

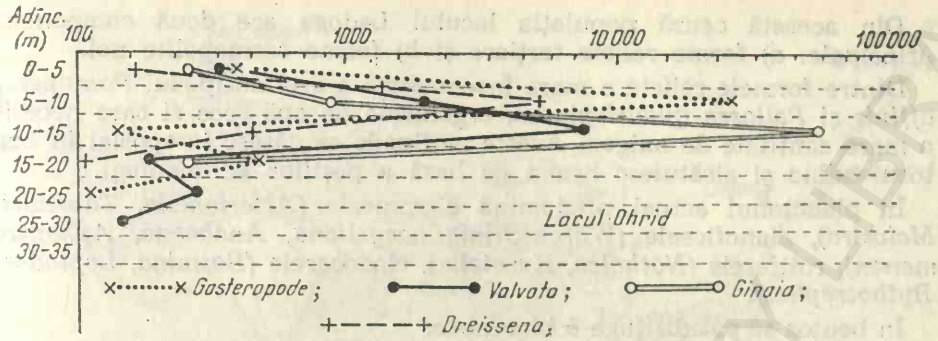


Fig. 110. Repartiția faunei de moluște în lacul Ohrid.

Lacul Ladoga. Dintre lacurile europene Ladoga este cel mai mare, avînd o suprafață de 18 400 km², lungimea de peste 200 km și o lărgime de 124 km. În partea de nord are adîncimi de peste 200 m (maximă 230 m) și formează numeroase insule (circa 500). Malurile nordice, alcătuite din roci eruptive, sînt tăiate de numeroase fiorduri înguste și cotite. În partea de sud adîncimile sînt mult mai mici, de 30—50 m (maximum 86 m), cu maluri joase și intrînduri mai largi. În Ladoga se varsă o mulțime de rîuri mai mici sau izvoresc altele ca Rîul Neva (fig. 111).

Fundul lacului este în cea mai mare parte acoperit de mîl, iar în locurile mai puțin adînci de un mîl nisipos sau chiar de nisip.

Apa conține abia 68 mg săruri la litru, fiind deci foarte săracă în săruri (apă „moale").

Temperatura apei sub 15 m rămîne tot timpul anului la 4°C. În păturile superioare, vara, apele se încălzesc în zona nordică pînă la 15°C, iar în zona sudică chiar pînă la 25°C.

Apa este foarte bogată în oxigen și la fundul lacului este saturată față de temperatura scăzută.

Lacul Ladoga este de natură tectonică și considerat ca un rest al Mării Ioldice din terțiar care s-a format în urma topirii ghețarilor și care avea legături cu Oceanul Atlantic și cu Oceanul Înghețat de Nord.

Fig. 111. Lacul Ladoga (U.R.S.S.).

Din această cauză populația lacului Ladoga are două componente principale: *a*) forme relicte terțiare și *b*) forme cosmopolite noi.

Dintre formele relicte o mare însemnătate o are amfipodul *Pontopereia affinis* și *Pallasea quadrispinosa*, organisme de apă rece și care necesită o mare cantitate de oxigen. Aceste amfipode se găsesc în special în bentosul adînc și alcătuiesc hrana de bază a peștilor bentonofagi.

În planctonul actual predomină diatomeele *(Asterionella, Tabellaria, Melosira)*, cianoficeele *(Woronichinia naegeliana, Anabaena, Aphanizomenon)*, rotiferele *(Notholca, Keratella)*, cladocerele *(Bosmina, Leptodora, Bythotrephes)*.

În bentos se pot distinge 5 biocenoze:

— *Biocenoza tufișurilor de plante*, dezvoltată mai ales spre țărm, este alcătuită din stufăriș, flora dură marginală, care intră în apă pînă la o adîncime de 2,5 m. Se găsesc multe larve de insecte și crustacei relicți. În total s-au identificat 190 de specii, majoritatea cosmopolite.

— *Biocenoza pietrelor* conține circa 100 specii printre care mulți spongieri, briozoare și moluște din genurile *Limnaea, Ancylus*, o biodermă de diatomee, apoi oligochetele și larvele de chironomide. Reprezintă o bogată hrană pentru peștii bentonofagi.

— *Biocenoza nisipurilor* are abia 40 de specii, dar este bogată în crustacei relicți *(Pontoporeia, Pallasea)*. Biomasa medie este de 2,4 g/m².

— *Biocenoza nisipului mîlos* este alcătuită din circa 60 de specii între care un număr însemnat de indivizi sînt reprezentați de crustaceii relicți. Pe 1 m² se pot găsi pînă la 5 418 indivizi de *Pontoporeia*. Biomasa medie este de 8,5 g/m².

— *Biocenoza mîlului* are abia 30 de specii dintre care și aici *Pontoporeia* reprezintă forma dominantă (pînă la 1 500 indivizi la 1 m²). Biomasa medie este 4,3 g/m².

Biomasa medie a bentosului lacului Ladoga este de 4,3 g/m² (de 4 ori mai mică decît în Baikal).

Între cele 40 specii de pești care trăiesc în Lacul Ladoga, mai importanți sînt cei relicți: *Coregonus, Hucho taimen, Osmerus eperlanus*, dar și pești mai recent apăruți ca șalăul, bibanul, plătica, babușca etc.

Complexul marilor lacuri din America de Nord. Cele 5 lacuri mari americane: Superior, Michigan, Huron, Erie și Ontario, situate la granița dintre S.U.A. și Canada, reprezintă cel mai mare rezervor de apă dulce din lume. Ele totalizează o suprafață de 245 000 km², avînd adîncimi între 64 m (Erie) și 393 m (Superior) și un volum total de circa 50 000 km³. Cele 5 lacuri mari colectează apele din precipitații și izvoare de pe o suprafață hidrografică de peste 550 000 km²; apa trece dintr-un lac în altul, căzînd între Erie și Ontario de la o înălțime de 47 m prin măreața cascadă Niagara. Toată apa este condusă prin rîul Sf. Laurențiu în golful cu același nume, care se deschide în Oceanul Atlantic (fig. 112).

Este ușor să ne închipuim importanța acestor bazine de apă dulce pentru om și celelalte organisme, precum și pentru industriile din regiune, marile centre urbane: Chicago (cu circa 4 milioane locuitori), Detroit (2 milioane), Cleveland (1 milion) etc. O puternică bază hidroenergetică s-a dezvoltat mai ales în strîmtorile dintre lacuri, unde

Fig. 112. Complexul marilor lacuri din America de Nord.

există un sistem de ecluze care permit o navigație continuă pe toate lacurile.

Lacurile mari ale Americii au fost printre cele mai bine studiate din lume. Date asupra lor se găsesc în toate manualele clasice de limnologie. Aceste date sînt însă de pe vremea cînd apa lacurilor era o apă dulce, curată. Astăzi, însă, apa tuturor lacurilor americane este atît de mult poluată încît a devenit aproape inutilizabilă. În 1965 apa lacului Michigan (pe al cărui țărm sudic se găsește orașul Chicago) se putea folosi, fără adaus de alte substanțe, ca mediu de cultură pentru *Escherichia coli* (bacterie luată ca test de poluare cu materii fecale), pentru *Salmonella typhy* sau *S. paratyphi* etc. În Michigan se varsă zilnic circa 5 milioane metri cubi de ape reziduale care aduc o enormă cantitate de substanțe organice și chimice solvate, cu acțiune nocivă. Fauna lacului Huron este aproape dispărută și puținele cladocere (daphniile) au devenit concentratoare de Sr radioactiv; crusta lor după năpîrlire cade spre fund unde mîlul depozitează mari cantități de substanțe radioactive. Pe acest fund mai trăiește *Pontoporeia affinis*, o foarte valoroasă hrană pentru pești, dar aceștia nu mai rezistă decît retrași înspre gurile mai curate ale micilor rîuri care se varsă în aceste lacuri.

Din cauza deversărilor industriale și casnice, o serie de alge (în special albastre) se dezvoltă foarte puternic provocînd „înflorirea" apelor, fenomen legat de o puternică tulburare a acestora și o micșorare a transparenței (fig. 113). Ca urmare, fitoplanctonul se dezvoltă foarte puțin și producția primară este deficitară.

Procesul de poluare în această regiune este datorat mai ales produșilor chimici de la industriile metalurgice, de la uzinele de sinteze organice (pesticide, ierbicide), uleiurilor minerale, resturilor radioactive etc. Printre cauzele poluării apelor, una din cele mai însemnate este sarea pe care autoritățile o împrăștie pe șoselele asfaltate, și care formează o

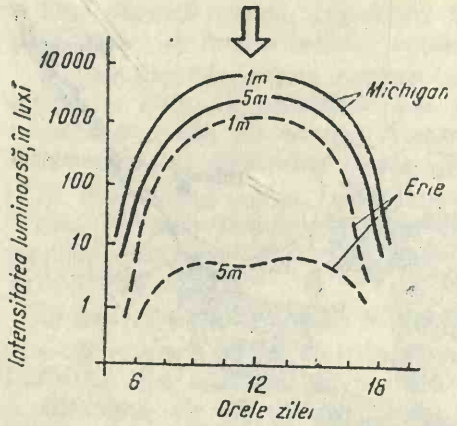


Fig. 113. Pătrunderea luminii în lacurile Michigan și Erie.

pojghiță foarte deasă în regiune, în timpul celor 4 luni de iarnă grea cînd zăpezile cad în cantități mari. După topire, această sare ajunge în apa lacului.

Poluarea lacurilor grăbește procesul lor de „îmbătrînire" și de „moarte". Și se poate spune că marile lacuri americane se găsesc în pragul „morții lor biologice". Apa lor trebuie să fie purificată prin instalații al căror cost este însă de zeci de ori mai mare decît ar fi acela al instalațiilor mici, locale, pentru fiecare întreprindere care folosește apa în procesul ei tehnologic. Marile lacuri, cu cea mai mare cantitate de apă dulce din lume, sînt azi și cele mai poluate ape din lume, din cauză că nu s-au luat măsuri la timp de a împiedica acest proces care amenință din ce în ce mai mult toate zonele de pe glob.

Lacurile din România. După definiția clasică a lacurilor din țara noastră, numai cîteva bazine intră în această categorie: Snagov, Bucura, Sf. Ana. Restul bazinelor sînt prea puțin adînci și nu au o zonă profundală, astfel că intră mai mult în categoria bălților permanente.

Studii geografice asupra lacurilor de la noi s-au făcut la Catedra de geografie a Universității din Cluj de către prof. T. Morariu, dr. P. Gîștescu și conf. I. Ujvari. Din datele hidrologice ale acestor studii vom desprinde cîteva care caracterizează anumite tipuri de lacuri (autorii de mai sus numesc „lacuri" toate acumulările de apă dintr-un bazin depresionar, care își menține un nivel ce variază puțin în funcție de bilanțul dintre intrare și ieșire).

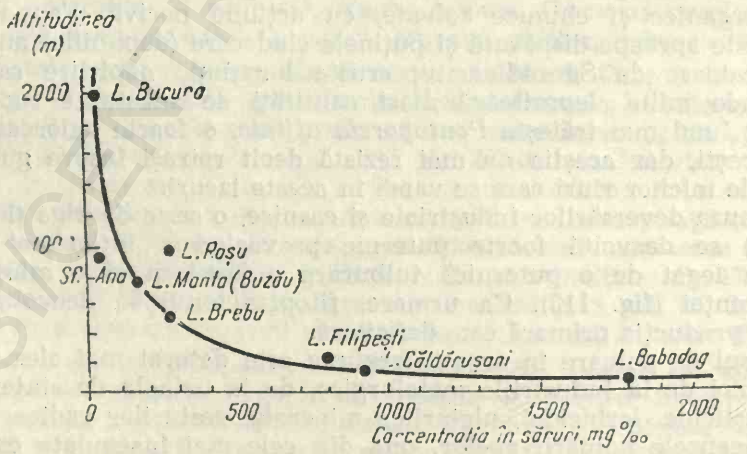


Fig. 114. Mineralizarea cîtorva lacuri din România (după P. Gîștescu).

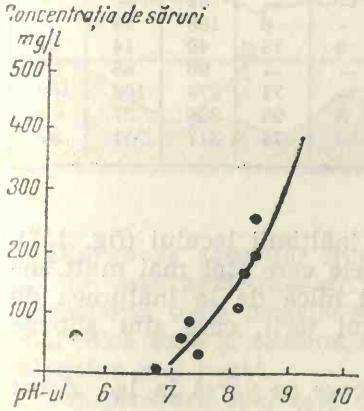


Fig. 115. Raportul dintre mineralizare și *p*H (după Gîștescu).

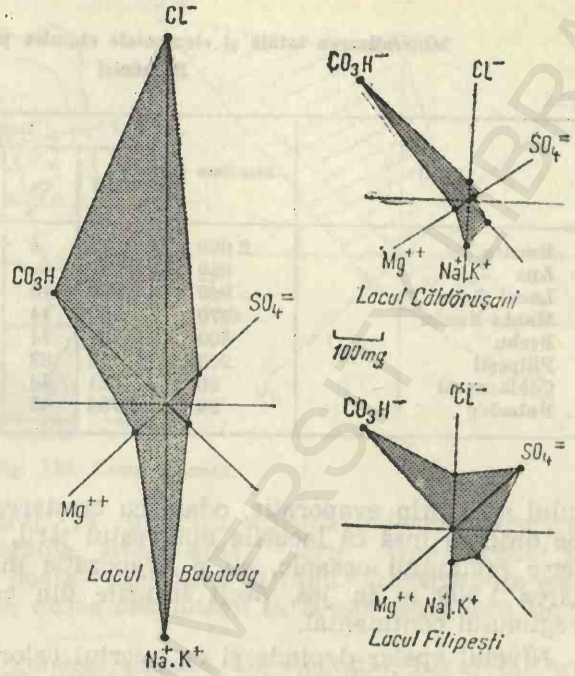


Fig. 116. Spectrul mineral al cîtorva lacuri din România (după Gîștescu).

Apele lacurilor de la noi au un conținut de săruri care variază în general invers proporțional cu înălțimea la care se găsesc (fig. 114).

Dacă se poate desprinde o regulă în ce privește creșterea conținutului salin cu scăderea înălțimii, aceasta nu este însă o regulă absolută. Conținutul salin al lacurilor depinde și de factorii climatici locali, de sol, de aportul apelor ce se varsă în lac etc.

Între cantitatea de săruri totale și valoarea *p*H-ului, de asemenea se poate face o legătură: cu cît conținutul de săruri este mai mare, cu atît și *p*H-ul este mai alcalin (fig. 115).

Reprezentarea grafică a conținutului în săruri după ionii conținuți ne permite să stabilim natura apei lacurilor respective. Lacul Babadag, de exemplu, este de tip clorurat, Lacul Căldărușani de tip bicarbonatat, Lacul Filipești de tip sulfatat-carbonatat (fig. 116).

Dintr-o astfel de reprezentare ne putem da seama și de capacitatea-tampon a sărurilor conținute și, deci, de intervalul de variație a *p*H-ului (tab. 14).

Evaporarea apei de la suprafața lacului depinde atît de situarea geografică a bazinului, de altitudinea la care se găsește, cît și de o serie de factori locali. Dar, în general, și în țara noastră procesul de evaporație se încadrează în legea generală privind diminuarea scăderii nive-

Tabelul 14

Mineralizarea totală și elementele chimice principale din lacurile României

Lacul	Altitudinea (m)	Conținutul de substanțe (în mg/l):						
		Total	Ca	Mg	Na+K	CO_3H	Cl	SO_4
Bucura	2 000	17	4	0,6	0,7	6,1	3,5	1,4
Ana	950	33	—	—	—	32	—	—
Lacul Roșu	960	249	40	—	8	188	14	—
Manta-Buzău	770	120	14	6	13	49	14	21
Brebu	500	231	44	—	—	90	68	28
Filipești	205	715	82	—	71	273	108	160
Căldărușani	90	521	44	5	98	336	37	—
Babadag	20	1 758	45	83	474	317	751	87

lului apei prin evaporație, odată cu creșterea înălțimii lacului (fig. 117). Se observă însă că lacurile din vestul țării, cele care sînt mai mult supuse regimului oceanic, au o evaporație mai mică de la înălțimea de circa 1 500 m în jos, decît lacurile din estul țării, care sînt supuse regimului continental.

Nivelul apelor depinde și de aportul celor care se varsă în lac. Acest lucru este evident mai ales în cazul bălților Dunării.

Lacurile alpine sînt cele situate la înălțimi de peste 1 500 m. La noi unele au origine glaciară, altele s-au format în urma unor alunecări de teren sau au fost produse de morene. Dintre cele mai cunoscute lacuri alpine de la noi, citățm: L. Bucura (din Retezat) cu cea mai mare suprafață (circa 10 ha); Zănoaga (din Retezat) cu cea mai mare adîncime (28 m); L. Gîlcescu din Parîng; L. Bîlea în Făgăraș; L. Lala Mare în Munții Rodnei. Deși adîncimea acestor lacuri nu este mare, fiind în medie de 10 m, totuși, în raport cu suprafața lor mică, ele sînt lacuri adînci și se pot clasifica între lacurile oligotrofe.

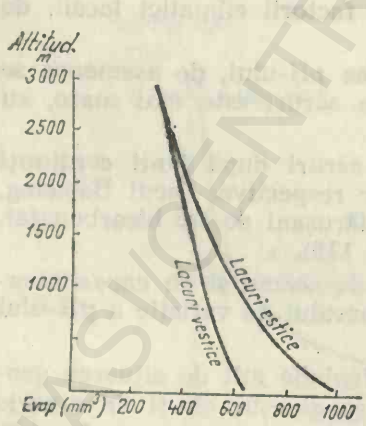


Fig. 117. Valorile evaporației în raport cu situarea geografică.

Apa acestor lacuri provine în mare parte din topirea zăpezilor și din ploi, dar și din izvoare proprii. Bazinul este situat în zone cu roci cristaline care permit să se dizolve puține săruri, astfel că apele lacurilor alpine sînt în general foarte sărace în săruri minerale (10—20 mg/l) (fig. 118).

Fundul lacurilor alpine este acoperit de un mîl subțire și fin care provine din dezagregarea rocilor din jur. Nu sînt sedimente organice din cauză că organismele vii sînt puține și resturile lor organice se mineralizează complet încă în păturile superioare ale apelor.

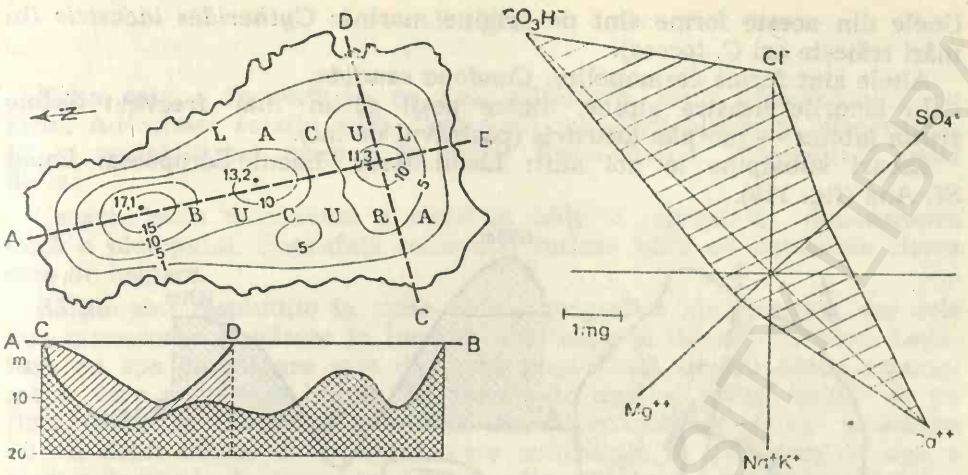


Fig. 118. Lacul Bucura.

Din cauza sărurilor minerale în cantitate scăzută, culoarea lacurilor alpine este albastră-slab verzuie. Apele sînt foarte transparente și aproape în toate lacurile se poate vedea pînă la fund. Transparența este mai mică vara și toamna din cauza dezvoltării în aceste sezoane a unui plancton mai bogat.

Temperatura apei este în general scăzută. De exemplu, Lacul Bucura are vara 14°C la suprafață și 10°C la fund (17 m), iar lacul Tăul Negru are 14,5°C la suprafață și 7°C la fund (27 m). Aici se produce în mod tipic procesul de circulație și de stagnație al apei în timpul primăverii, toamnei, iernii și verii. Ca urmare, oxigenarea apelor se face pînă la fund și pentru temperatura respectivă saturația este aproape întotdeauna 100%.

Spectrul salin al lacului Bucura arată că are ape bicarbonatate, dar cantitatea absolută a bicarbonaților este de abia 6 mg/l.

Circuitul materiei este complet închis. Din săruri minerale de azot și fosfor, din bicarbonați și energie solară, cloroficeele și alte plante verzi sintetizează substanțe organice, pe baza cărora se dezvoltă un zooplancton euriterm *(Cyclops)*, unul stenoterm de ape mai calde (rotifere, cladocere, copepode) și un altul stenoterm de ape mai reci *(Cyclops sternus, Heterocope)*.

Dintre animale, în zona de țărm sau litorală (care este îngustă) s-au găsit cladocerii *Chydorus, Alona*, larve de plecoptere, coleoptere, tendipedide. Mai spre adînc se găsește *Tubifex*, dintre oligochete, hidracarieni, *Pisidium*. Adesea se găsesc *Planaria alpina, P. polypharingiana, Chirocephalus stagnalis*, de asemenea gasteropodul *Ancylus*, larve de *Syalis*. În unele izvoare ale lacurilor alpine (Bucura) s-a găsit *Niphargus*, un reprezentant lipsit de vedere al faunei subterane. Dintre vertebrate s-a identificat adesea *Triton alpestris*.

Între formele din lacurile alpine se pot identifica relicte interglaciare: *Difflugia piriformis* var. *lacustris* (protozoar), *Planaria alpina* (turbelariat), *Tubifex ferox* (oligochet), *Stylodrilus heringianus, Lumbriculus variegatus, Canthocamptus echinatus* var. *luenesis, Lebertia rufipes*.

Unele din aceste forme sînt de origine marină: *Cytherides lacustris* (în mări trăiește azi *C. torosa*).

Altele sînt forme cosmopolite: *Candona candida*.

În lacurile noastre alpine, dintre pești găsim mai frecvent *Salmo trutta labrax — morpha lacustris* (păstrăvul de lac).

Lacuri subalpine la noi sînt: Lacul Roșu, Lacul Scropoasa, Lacul Sf. Ana (fig. 119).

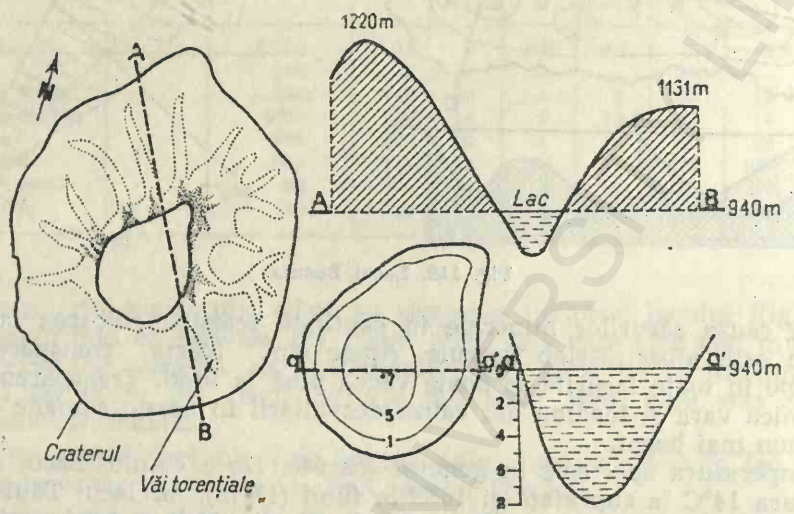


Fig. 119. Lacul Sf. Ana.

La marginea lacurilor subalpine trăiește o vegetație macrofită alcătuită din indivizi izolați de *Phragmites*, iar în ape specii parțial emerse: *Schoenoplectus lacustris, Potamogeton perfoliatus, P. crispus* (broscarița), *Polygonum amphybium* (troscot de apă), *Myriophillum spicatum, Isoëtes lacustris etc.* Dintre alge: *Spyrogira, Oscillatoria, Cladophora, Rivularia* ș.a.

Planctonul este mai bogat; pe lîngă aproape toate formele din lacurile alpine aici se mai adaugă: larve de coleoptere: *Colimbetes fuscus, Agabus bipustulatus, Hydrophorus fuscipenis*, de diptere: *Glyptodendipes, Endochironomus dispar* etc., cladocere: *Polyphemus pediculus, Pleuroxus trigonelus, P. scitus, Cyclops serrulatus, Macrobiotus macronix*, viermi: *Aulostoma gulo, Polycelis nigra, Stenostomum leucops*, protozoare: *Difflugia acuminata, D. piriformis, D. globosa, Heterotrichus infusorium* etc.

Între peștii acestor lacuri este păstrăvul de lac *(Salmo trutta labrax-morpha lacustris)*, păstrăvul de munte *(S. labrax-morpha fario)*, apoi ocheana *(Rutilus rutilus carpathorossicus)*, boișteanul *(Phoxinus phoxinus)*.

În Lacul Roșu s-a introdus puiet de *Coregonus lavaraetus marenoides*, adus din Lacul Ladoga. Acesta trăiește aici deja de peste 5 ani și pescuitul experimental arată că s-a adaptat, a crescut și, probabil, se va reproduce. Astfel a fost aclimatizată o nouă specie de pește în zona lacurilor reci și care, ca valoare economică, este foarte importantă.

BALTA

Balta este o formațiune de apă stătătoare, mult asemănătoare cu lacul. Adîncimea relativ mică, favorabilă instalării plantelor subacvatice, cît și variabilitatea mare a factorilor fizico-chimici, diferențiază balta de lac.

Caracteristica dominantă a vieții în bălți o reprezintă dimensiunea mică a biotopului. Suprafața celor mai întinse bălți nu depășește cîteva sute de hectare.

Bălțile sînt răspîndite în toate zonele geografice ale globului, dar cele mai numeroase se găsesc în luncile inundabile și deltele fluviilor. Legătura cu apa curgătoare este de mare importanță pentru viața organismelor care populează bălțile. În zonele de deal și podiș, bălțile de pe firul văilor își datorează existența unor izvoare permanente și adesea cu un debit destul de constant, care contribuie la umplerea cu apă a unor adînciturі ale terenului. Bălțile din zonele cu perioade secetoase și fără legătură permanentă cu apele curgătoare prezintă oscilații mari de nivel, fapt care se repercutează asupra chimismului acestora. Adesea mineralizarea cu predominanță de bicarbonați trece în mineralizare cu dominanță de sulfați spre sfîrșitul verii, revenind din nou după sezonul ploios la tipul carbonatat.

Balta nu prezintă o zonație caracteristică a faunei și florei. În regiunea de țărm se instalează, totuși, de cele mai multe ori un brîu de plante aparținînd florei dure. De asemenea, balta nu prezintă zonare termică pe verticală, datorită adîncimii relativ mici (maximum 3—5 m). Oscilațiile termice sezoniere și chiar diurne se resimt pe toată adîncimea apei. În timpul zilei temperatura scade de la suprafață spre adîncime, iar noaptea are loc un amestec de ape datorită curenților de convecție provocați de răcirea apei la suprafață. Dimineața apa din baltă are temperatura destul de omogenă pe toată adîncimea. Iarna balta înghează, iar stratificația termică este de tip invers. Nu există fenomene de salt termic în nici o perioadă a anului. Răcirea apei vara, după apusul soarelui, determină fenomene asemănătoare cu cele produse în lacuri de răcirea treptată a temperaturii în timpul toamnei.

Chimismul apei bălților este influențat de apa ce se varsă în bazin în perioada de creștere a precipitațiilor, cît și de activitatea asociațiilor de organisme. Evaporația determină o creștere cantitativă a sulfaților și clorurilor. Reacția ionică a apei este în general bazică, cu excepția bălților din zonele de pădure care au, în general, *p*H-ul acid (datorită acizilor humici). Uneori *p*H-ul variază chiar în decurs de 24 ore, noaptea devenind slab acid datorită acumulării de CO_2 iar ziua slab alcalin datorită consumului crescut al gazului. Aportul de apă de precipitație modifică, de asemenea, reacția ionică a apei. Regimul oxigenării apei este foarte nestabil datorită mai ales organismelor, dar și proceselor de oxidare biochimică extracelulară. Pătura superficială de apă este mai bine oxigenată, datorită contactului direct cu atmosfera. La fundul formațiunii (bălții) oxigenul poate scădea foarte mult datorită proceselor bacteriene care îl utilizează. În unele bălți din Cîmpia Dunării s-a constatat în sezonul cald că în timp ce ziua apele de suprafață sînt chiar suprasa-

turate în oxigen, noaptea aceleași ape ajung deficitare în oxigen. Fenomenul se explică tot pe baza activității organismelor care, ziua, eliberează oxigen datorită fotosintezei, iar noaptea consumul de oxigen (în procesele de respirație, oxidative etc.) se menține crescut, fără a crește și aportul de oxigen.

Mișcarea aerului provoacă o omogenizare a conținutului în oxigen al apei bălților.

Organismele care populează balta au un ciclu scurt de dezvoltare. Produsele sexuale (ouăle, la unele specii sau diferite părți ale corpului, la altele) se pot închista devenind rezistente la acțiunea factorilor nefavorabili din mediu. Vegetația este bogată și, în bună parte, comună cu a lacului. Tot bentosul este populat și destul de uniform. La mal se instalează flora dură, care ocupă adesea suprafețe mari.

Planctonul este caracteristic *(heleoplancton)*, fiind un amestec de plancton litoral și pelagic. În unele bălți planctonul este mai reprezentativ decît planctonul lacului. În bălțile reduse ca dimensiune, deși numărul de specii planctonice este mic, totuși acest lucru este compensat prin număr mare de indivizi. Fitoplanctonul cuprinde: cianoficee, diatomee, cloroficee și fitoflagelate. Mici ca dimensiune, formele fitoplanctonice aparțin în primul rînd nannoplanctonului. Zooplanctonul cuprinde mai ales rotifere, zooflagelate și crustacei mici; efectuează migrații pe verticală.

Fauna bentonică este alcătuită din numeroase forme fixe, afundătoare și tîrîtoare. Spongierii de apă dulce, briozoarele, melcii, planariile, viermii, crustaceii, moluștele, larvele de insecte etc. constituie componenții cei mai frecvenți ai bentosului bălților. Unele forme trăiesc epifitic, în desișul de plante de la malul bălții sau de la fund. La suprafață, insectele mai ales, formează neustonul. Ichtiofauna, este abundentă în special în bălțile permanente. Ea are un caracter pasager. În timpul iernii mulți pești se retrag spre rîuri sau fluvii, deoarece în baltă iarna există pericolul asfixierii, datorită întreruperii contactului cu atmosfera, în urma înghețului. Primăvara, multe forme depun ouăle în bălți unde un timp trăiesc în stadiile tinere. Frecvent se întîlnesc în bălți: crapul, carasul, linul, bibanul, șalăul, știuca cît și unii pești mai mici.

În stufărișurile de plante de la mal, o altă faună bogată găsește condiții optime de viață.

MLAȘTINA

Mlaștina reprezintă adesea stadiul final al evoluției unei formațiuni lacustre. Prin colmatare treptată, datorită depunerilor organice și anorganice, lacul eutrof se umple astfel că cu timpul întreaga cuvetă are nivelul la nivelul malurilor. Paralel cu aceasta, flora dură se extinde mereu, apoi este înlocuită cu plante de sol umed și în special cu mușchi de turbă *(Sphagnum)* (fig. 120). Putrezirea parțială a resturilor organice și carbonizarea lor treptată contribuie, de asemenea, la formarea mlaștinei. În porțiunile cu denivelări mai rămîn ochiuri de apă care oferă anumite

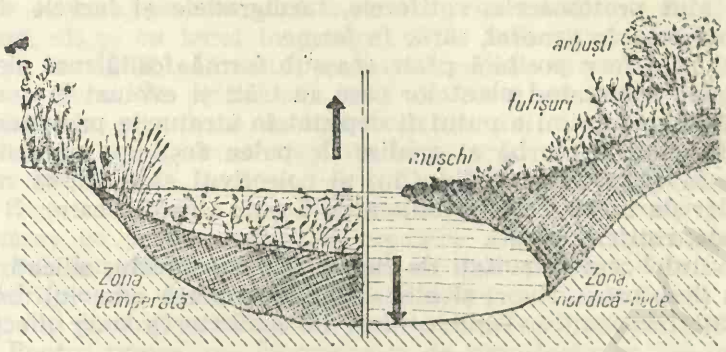


Fig. 120. Modalități de colmatare a lacurilor.

condiții pentru instalarea unei flore și faune acvatice. Se disting două tipuri de mlaștini: *a*) *mlaștini eutrofe; b*) *mlaștini oligotrofe* sau *tinoave.*

Mlaștina eutrofă are apa mai bogată în săruri minerale decît cea oligotrofă (3—5 mg/l). Apa este clară sau de culoare brunie datorită depunerilor de la fund care au un aspect brun. Lumina străbate întregul strat de apă care are adîncime mică, însă o parte din radiații sînt total absorbite de pătura superficială de apă. Reacția ionică este acidă, datorită acizilor humici care se acumulează în cantități mari. Vegetația are și ea un oarecare rol în determinarea *p*H-ului. Mlaștina de *Sphagnum* este acidă, pe cînd cea în care domină plantele stuficole este alcalină. Reacția apei poate fi diferită în diversele puncte ale mlaștinei.

Vegetația se dispune concentric (fig. 121), astfel că la margine se instalează flora dură, care este înlocuită pe măsura evoluției formațiunii cu briofite și alte forme asociate. Fauna este destul de uniformă, dar bogată numeric, iar în unele cazuri există și o faună interstițială. Do-

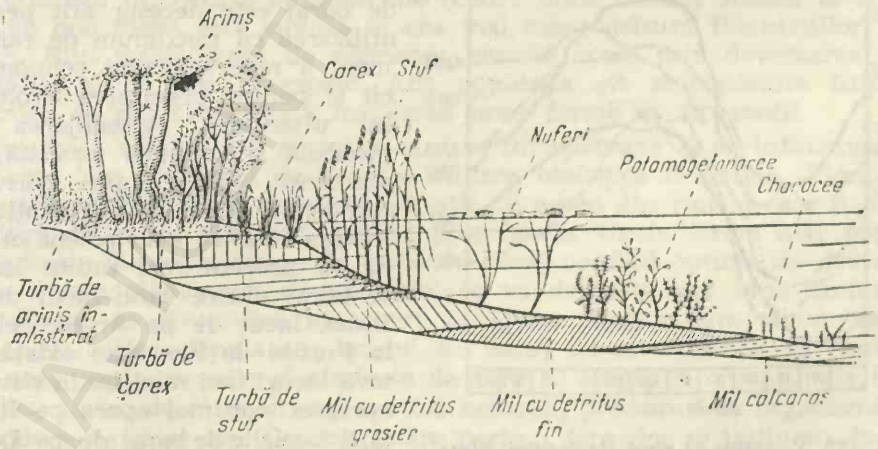


Fig. 121. Zonarea vegetației în mlaștină (după E. P o p).

minante sînt protozoarele, rotiferele, tardigradele și larvele de insecte. Planctonul este, în general, sărac în forme.

Mediul acid face posibilă păstrarea sub formă fosilă mai ales a polenului. Polen aparținînd plantelor care au trăit și evoluat în zona mlaștinei sau în împrejurimi a putut fi depistat în straturile profunde, Cu studiul formațiilor de turbă și analize de polen fosil s-a ocupat acad. E. Pop de la Universitatea din Cluj și colectivul său. Fauna măruntă a mlaștinilor de turbă a fost studiată de Lepși (protozoare), Rudescu (tardigrade, rotifere etc.).

Conținutul bogat în sulfați de fier, calciu, magneziu, silicați și diverși halogeni (iod, brom, fluor) și alte elemente conferă nămolul din mlaștini proprietăți terapeutice, fiind utilizat la combaterea unor afecțiuni cronice.

LACUL DE BARAJ

Acumulările întinse de apă din spatele unor baraje naturale sau artificiale sau al altor construcții hidraulice, prin care se oprește cursul unor ape curgătoare, poartă denumirea de *lacuri de baraj*. Situate mai ales în zone montane, lacurile de baraj îndeplinesc rolul de acumulare de ape utilizate pentru producerea de energie, irigații sau pentru alimentarea populației cu apă potabilă.

Prin unele caracteristici, lacurile de baraj se aseamănă cu lacurile naturale situate în regiuni identice. Totuși, lacul de baraj constituie din punct de vedere hidrologic o formațiune aparte datorită, pe de o parte, variațiilor de nivel care pot atinge uneori amplitudini de peste 10 m, (fig. 122), iar pe de altă parte existenței permanente a unui fir de apă curgătoare prin mijlocul bazinului. Alimentarea cu apă se face din rîurile sau fluviile pe cursul cărora s-a construit barajul.

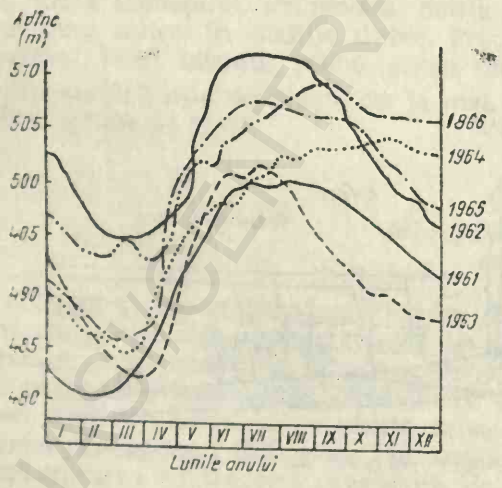


Fig. 122. Variațiile de nivel ale lacului Bicaz, în funcție de sezon.

Studiul hidrobiologic al lacului de baraj este necesar atît pentru utilizarea cu maximum de randament a rezervelor lui economice, cît și pentru precizarea evoluției lui ulterioare. Amenajarea lui piscicolă și turistică necesită, de asemenea, determinări privind chimismul și biologia formațiunii. În țara noastră s-au amenajat pînă în prezent mai multe lacuri de baraj dintre care: lacul de la Bicaz, lacul de pe Argeș, cel de la Porțile de Fier ș.a.; există cîteva lacuri mai mici, iar în viitorul apropiat vor mai apare pe harta țării lacurile de baraj de pe Lotru (1 200 m altitudine), pe Someș etc.

Lacurile de baraj se aseamănă în multe privinţe atît cu rîurile care le alimentează, cît şi cu lacul în general. Rîul influenţează mai ales zona centrală şi terminală a lacului, unde se resimte curentul de apă creat de vărsarea rîului. În primii ani lacul de baraj nu posedă depuneri şi nici asociaţii de organisme caracteristice lacului. Cu timpul însă, mai ales în zona din apropierea barajului, toate acestea se instalează treptat. Bazinul evoluează lent. Umplerea cu apă pînă la nivelul superior durează în unele cazuri 1—2 ani, timp în care se produc numeroase procese de descompunere pe seama resturilor organice aflate la suprafaţa solului în momentul inundării. Ca rezultat al acestor procese, local, se simte lipsa de oxigen. În unele porţiuni mai adînci se acumulează hidrogen sulfurat şi alţi produşi rezultaţi din descompunerea incompletă a materiei organice. Pentru prevenirea fenomenelor de putrefacţie se iau măsuri de curăţare a terenului, de defrişare a arborilor.

În perioada de umplere, datorită scoaterii din sol şi a eliberării prin procese bacteriene a unor săruri minerale, apa se îmbogăţeşte în bioelemente, fapt care favorizează fenomenul de „înflorire", unele plante plutitoare dezvoltîndu-se exagerat *(Lemna)*.

Din punct de vedere fizico-chimic, lacul de baraj cuprinde trei sectoare caracteristice:

Porţiunea superioară, situată în imediata apropiere a barajului, cu stratificaţie termică bine stabilizată şi cu termoclină variabilă după sezon, prezintă cele mai mari asemănări cu lacul propriu-zis. Aici se resimte în mare parte lipsa oxigenului. Depunerile de mîl sînt mai mari şi acesta este amestecat cu detritus organic, care favorizează procesele bacteriene.

Porţiunea mijlocie, cu adîncime mai mică dar cu lăţime în multe cazuri mai mare decît în apropiere de baraj şi cu maluri de obicei line şi acoperite cu vegetaţie arboricolă, are caracter intermediar între lac şi rîu. Sedimentul nisipos şi grosier oferă posibilităţi mai reduse pentru activitatea bacteriană. Stratificarea termică este mai puţin stabilă. Unele forme reofile şi limnofile se întrepătrund.

Porţiunea inferioară, cu adîncime relativ mică, situată adesea la altitudine mai mare, este supusă în cea mai mare măsură fluctuaţiilor de nivel. Rîul influenţează de asemenea această zonă, prin deversarea de material şi de ape proaspete. Atît populaţia cît şi condiţiile fizico-chimice de aici favorizează instalarea unor forme de tip reofil.

Existenţa acestor trei sectoare care se întrepătrund şi se influenţează reciproc face din lacul de baraj o unitate biologică deosebită. Flora şi fauna lacului de baraj se aseamănă atît cu aceea din rîurile care îi dau naştere, cît şi cu cea dintr-un lac propriu-zis. Unele forme mai puţin torenticole din rîuri găsesc în lacul de baraj condiţii optime de dezvoltare. Potamoplanctonul, de exemplu, se va dezvolta mai bine decît în rîu. Fauna se diversifică în raport cu fauna rîurilor care alimentează lacul. De altfel, populaţiile lacului de baraj îşi au originea în rîurile din amonte, în lacurile şi eleşteele de care se leagă, în organismele introduse în lac de către diverşi vectori naturali, precum şi în organismele introduse de către om. Cea mai mare parte a formelor se întîlnesc, însă, şi în rîurile din amonte.

Flora este alcătuită din plante superioare care ocupă anumite suprafețe din zona de mal. În regiunile montane flora dură nu întîlnește condiții prea favorabile. Aici adesea se fac plantații de conifere, dar numai pe versanți. Variațiile de nivel împiedică în multe locuri instalarea florei dure. Aceasta oferă însă condiții pentru dezvoltarea faunei epifite (celenterate, larve de insecte ș.a.). Formele fitoplanctonice, ca: cianoficee *(Microcystis, Aphanizomenon);* diatomee *(Melosira)* și o serie de alge verzi se înmulțesc în unele perioade ale anului în așa măsură încît produc „înflorirea" apei pe anumite suprafețe. Se dezvoltă bine și unele plante plutitoare; acestea joacă un important rol în îmbogățirea lacului cu materie organică. Formele vegetale constituie principala sursă de hrană pentru zooplancton și alte animale. În lac poate intra și detritus alohton adus de rîu sau provenit din vegetația exterioară din preajma lacului, care determină, cu timpul, o activitate bacteriană intensă.

Fauna, cu compoziție variabilă, este reprezentată de nevertebrate și pești, care provin mai ales din rîurile situate în amonte de lac. Dintre nevertebrate, crustaceii inferiori, apoi amfipodele găsesc în lacul de baraj condiții optime pentru dezvoltare, la fel și unele larve de insecte și moluște bivalve. În micile sinuozități ale malului, zooplanctonul se dezvoltă bine mai ales în perioadele calde ale anului. Ichtiofauna este restrînsă la speciile care trăiesc în rîuri; cu timpul se intervine pentru popularea lacului cu formele cele mai potrivite în raport de factorii fizico-chimici și de hrană. Condiția esențială pentru realizarea acestui deziderat este aclimatizarea la mediu. În cazul lacului de la Bicaz o serie de stațiuni piscicole ca aceea de la Lacul Roșu, Ceahlău și Tarcău au studiat probleme privind popularea bazinului cu pești valoroși. Condiții bune de habitat au mai ales formele de ape liniștite (plătica, babușca, lipanul). Bibanul, de exemplu, deși depune icrele ca niște panglici lungi lipite de vegetație, fluctuațiile de nivel nu se resimt asupra evoluției pontei. Pentru popularea pe cale artificială a lacului cu formele cele mai adecvate, trebuie cunoscute o serie de caracteristici ale bazinului, dintre care cele mai importante sînt:

— microclimatul bazinului;
— studiul complet al formelor planctonice;
— natura fundului;
— prognoze anticipate asupra variațiilor de nivel;
— cercetarea evoluției, paralel cu consolidarea lacului ca unitate distinctă.

Se impune, de asemenea, un studiu amănunțit al populației piscicole din bazinul hidrografic al viitorului lac, cît și din zonele apropiate. Trebuie acordată o atenție sporită opririi pătrunderii în lac a dăunătorilor. Dacă se asigură din timp toate condițiile de populare științifică a bazinului, producția acestuia poate da, fără adaus de hrană artificială, pînă la 200 kg pește la ha pe an. Pentru aceasta este nevoie și de o populare cu fauna de nevertebrate corespunzătoare cerințelor de hrană ale ichtiofaunei. La completarea faunei de nevertebrate trebuie să se țină seama și de fluctuațiile de nivel care adesea distrug unele forme ce nu pot suporta emersia îndelungată.

Pentru popularea dirijată a numeroaselor lacuri de baraj ce se prevăd a fi construite în țara noastră, de mare utilitate vor fi datele obținute în studierea primului mare lac de baraj, cel de la Bicaz.

Lacul de baraj Bicaz. După lacul de la Scropoasa, mai vechi, primul din seria marilor lacuri de baraj de la noi din țară este Bicazul. Lacul a rezultat în urma construirii barajului peste Valea Bistriței, în zona Izvorul Muntelui (fig. 123). Cercetările asupra lacului au început încă în perioada sa de formare, în cadrul Stațiunii „Stejarul" aparținînd Universității din Iași. Datele obținute sînt corelate cu „situația martor" a zonei în perioada de preinundare.

Condițiile actuale fizico-chimice ale lacului fac posibilă încadrarea lui în categoria lacurilor de tip *oligotrof*, cu trecere lentă spre tipul de lac *mezotrof*.

Regimul termic este dependent de anotimp, cu o anumită stratificație termică directă vara și inversă iarna și cu homotermie toamna și primăvara. Variația de temperatură este cuprinsă între 24 și 0°C (fig. 124).

Reacția ionică a apei este alcalină, variața cea mai frecventă fiind între 7 și 8, cu unele extreme locale cuprinse între 6,5 și 8,8.

Oxigenul prezintă variații în raport de temperatură și cu nevoia organismelor, fiind prezent la toate adîncimile. Limitele de variație sînt cuprinse între 10 și 2,5 mg/l. Consumul biochimic de oxigen are valori scăzute (1—3 mg/l).

Compoziția chimică a apei este destul de constantă, ceea ce denotă o stabilizare relativă a chimismului. Calciul variază între 24—39 mg/l, (fig. 125); clorurile pînă la 9 mg/l cu tendințe de scădere în ultimul timp, iar amoniacul și hidrogenul sulfurat lipsesc cu desăvîrșire din masa apei.

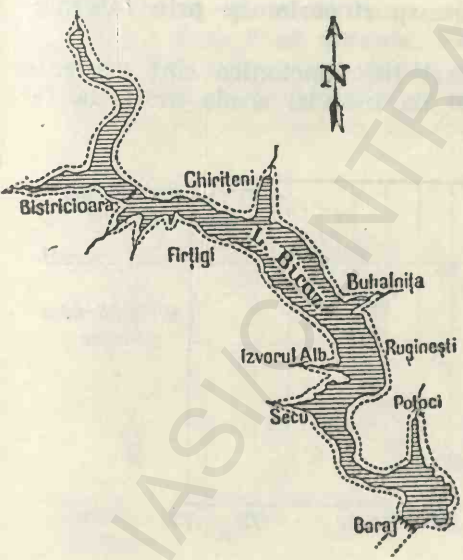


Fig. 123. Schița lacului de baraj Bicaz.

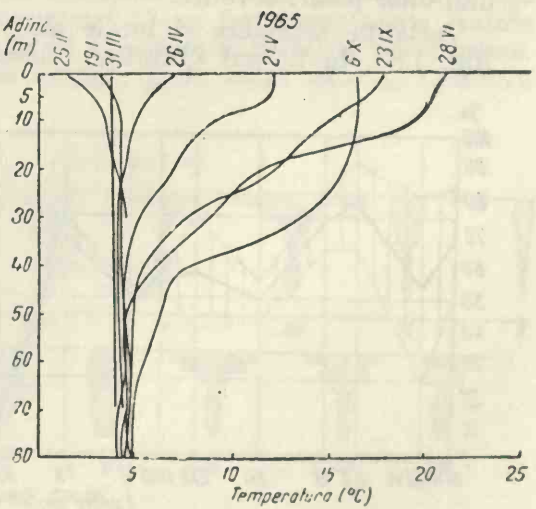


Fig. 124. Regimul termic al lacului Bicaz.

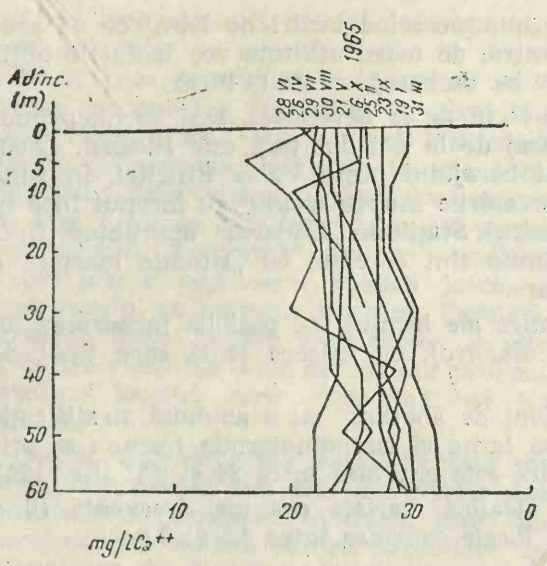


Fig. 125. Variația cu adîncimea a calciului în lacul Bicaz.

Substanțele organice măsurate prin consum de $KMnO_4$ indică valori cuprinse între 8 și 30 mg/l. Vara se întîlnesc cele mai mari variații ale conținutului în substanțe organice.

Asociațiile de organisme cuprind toate formațiunile caracteristice lacului, cu tendințe de consolidare a biocenozelor.

Fitoplanctonul este constituit mai ales din diatomee (*Fragillaria crotonensis, Synedra ulna, Cyclotella comta* etc.) și alte alge, printre care *Pandorina morum, Eudorina elegans, Tetradon minimum, Scenedesmus* și *Ceratium* etc. În evoluția lacului s-au observat unele modificări în compoziția planctonului, constînd în dispariția unor forme și reducerea ponderii altora, ca și instalarea unor specii noi pentru bazin (*Rizosolenia longisetta* — specie nedorită și *Oscillatoria rubescens*).

În popularea lacului cu diverse forme planctonice un rol deosebit l-au jucat formațiunile lacustre existente în zonă înainte de ridicarea barajului, adaptarea unor forme lenitice ale rîului Bistrița la noua situație, ca și al unor forme existente în afluenți. În prezent continuă popularea cu forme planctonice prin transport aerian și prin intermediul unor păsări acvatice.

Variațiile sezoniere și locale ale masei fitoplanctonice sînt evidente (fig. 126). În timpul viiturilor numărul de indivizi scade mult, la fel

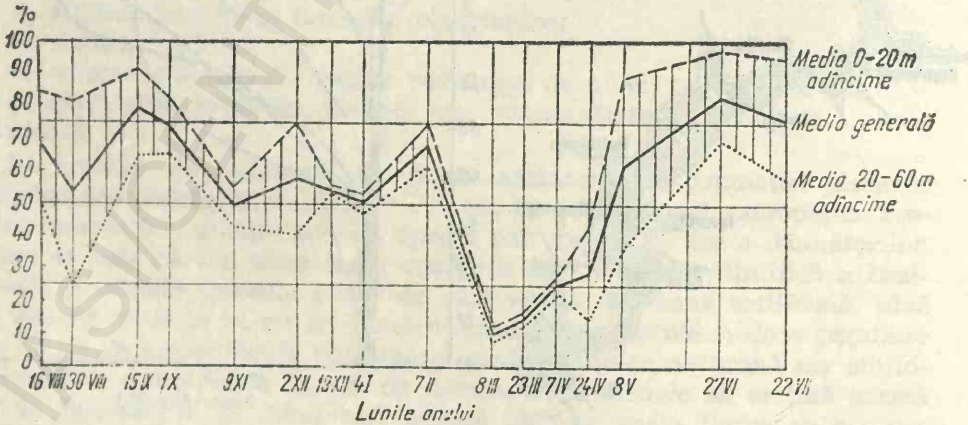


Fig. 126. Fluctuațiile fitoplanctonului din lacul Bicaz.

și în sezonul rece. Densitatea cea mai mare se întîlnește vara și toamna, cînd se determină cîteva mii de indivizi la 1 ml de apă în zona superficială. Sînt evidente trei zone planctonice: o *zonă de afluență*, caracterizată prin predominanța diatomeelor rheobionte, o *zonă intermediară* și *zona lacustră* propriu-zisă, care ocupă cea mai mare suprafață, avînd un fitoplancton mai diversificat sub raportul speciilor. În adîncime, fitoplanctonul este răspîndit pînă la aproximativ 60 m. Zona de compensație se situează între 4 și 14 m.

Producția primară a fitoplanctonului este redusă la cel mult 1—3 mg O_2 produs de 1 litru de apă în 24 de ore, vara și în zona de suprafață. Lipsa unor fotosintetizante și a macrofitelor face ca producția primară a fitoplanctonului să fie principala sursă de materie organică pentru următoarele verigi ale lanțului trofic al lacului.

Zooplanctonul este alcătuit mai ales din rotifere *(Keratella, Phylina, Asplanchna, Polyarthra)*, cladocere *(Bosmina, Daphnia, Diaphanosoma)* și copepode *(Cyclops, Acanthocyclops, Mesocyclops)*. Deși ca varietate de specii lacul nu prezintă mare interes, numărul de indivizi este ridicat. Așa, de exemplu, în lunile mai-iulie au fost determinate pînă la 30 000 exemplare de rotifere la m^3 de apă. Cladocerele ating densitatea maximă la sfîrșitul verii iar copepodele la sfîrșitul toamnei și începutul iernii (fig. 127).

Zonele litorale au o densitate mult mai mare de organisme zooplanctonice decît zona centrală. De asemenea, se constată o neomogenitate a distribuției pe verticală. Unele aglomerări zooplanctonice se întîlnesc la toate nivelele. Migrația pe verticală a unor forme a fost, de asemenea, pusă în evidență. Așa, de exemplu, *Daphnia hyalina* migrează noaptea spre suprafață unde rămîne pînă dimineața. Această formă se menține ziua în pătura de apă de la 10—20 m. Migrații prezintă și unele rotifere *(Phylinia major)* și cladocerul *Bosmina longirostris*.

Bentosul este alcătuit mai ales din animale; plantele submerse precum și flora dură fiind absente. Fauna bentonică cuprinde reprezentanți din 37 unități taxonomice dintre care numai 13 au fost inventariate înainte de inundarea zonei, restul de 24 fie că au scăpat (o parte) la inventariere, fie că s-au localizat în lac după formare (prin aport extern). Odată cu

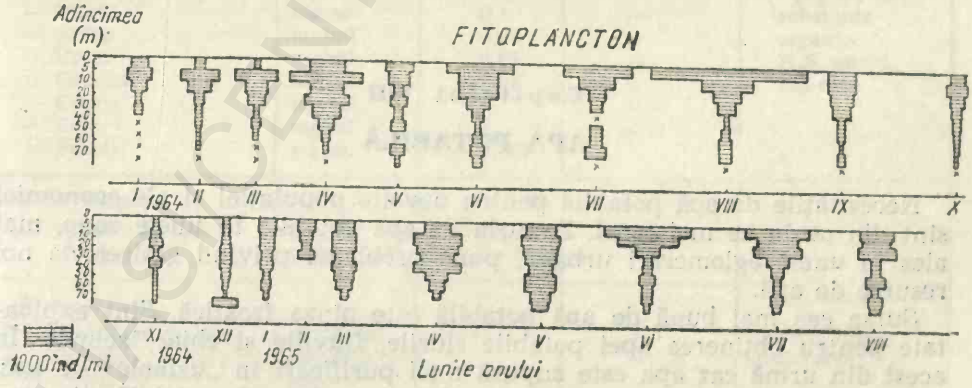


Fig. 127. Densitatea pe adîncime a fitoplanctonului în lacul Bicaz, în raport de sezon.

formarea lacului au dispărut peste 95% din formele care populau albia rîului Bistriţa în acest sector. Ca urmare, instalarea noilor condiţii a dus la o selecţie destul de profundă şi bruscă.

Bentosul se repartizează zonal în raport de condiţii. În zona supusă variaţiilor de nivel sînt prezente specii de *Chironomus semireductus, Tubifex tubifex, Limnodrilus hoffmeisteri, Chironomus bathophilus, C. plumosus, C. thumi.* Sub această zonă se găseşte una de amestec între oligochete şi chironomide. Zona a treia, cu ape relativ reci, este populată mai ales cu *Tubifex tubifex.*

Biomasa are valori mai mari pînă la adîncimea de 40 m, dar chiar şi pînă aici biomasa bentonică măsoară pînă la 30 g/m^2.

Ichtiofauna lacului de baraj se aseamănă în mare măsură cu ichtiofauna rîului Bistriţa din perioada dinainte de formarea lacului. Dominante sînt ciprinidele. Scobarul (*Chondrostoma nasus* L.) era specia dominantă în rîu şi s-a acomodat foarte bine noilor condiţii din lac. De asemenea, s-au adaptat bine cleanul *(Leuciscus cephalus),* moioaga (*Barbus meridionalis* Petenyi) şi mreana (*Barbus barbus* L.). În primii ani de evoluţie a lacului s-a dezvoltat bine şi obleţul *(Alburnus alburnus* L.), favorizat fiind de existenţa unui plancton relativ abundent. Deşi în regres mai ales în ultimii ani, obleţul rămîne totuşi specia dominantă a lacului de baraj. În perioada sa de declin s-a dezvoltat masiv o altă specie autohtonă, porcuşorul (*Gobio gobio* L.).

În scopul valorificării la maximum a potenţialului biologic al lacului, s-au întreprins importante acţiuni de populare cu specii valoroase (salmonide). S-au introdus în lac specii de păstrăvi indigeni, păstrăvi curcubeu, coregon, lostriţă şi păstrăv de lac. Dintre acipenseride s-a încercat aclimatizarea cegăi (*Acipenser ruthenus* L.). Rezultatul acestor încercări este încă incert. Unele specii introduse se găsesc în număr redus, iar altele nu au fost pînă în prezent pescuite (coregon). Babuşca *(Ruthilus ruthilus, carpatho-rossicus),* provenită din Lacul Roşu, s-a dezvoltat cel mai bine. Studiul de ansamblu, fizico-chimic şi hidrobiologic, al lacului Bicaz continuă, datele obţinute aici fiind utile pentru popularea cu organisme a noilor formaţiuni de baraj ce vor lua naştere în alte bazine hidrologice.

Capitolul VIII

APA POTABILĂ

Necesităţile de apă potabilă pentru nevoile populaţiei şi ale economiei sînt din ce în ce mai mari. Penuria de apă potabilă în unele zone, mai ales în unele aglomerări urbane, pune probleme privind găsirea de noi resurse de apă.

Sursa cea mai bună de apă potabilă este pînza freatică. Sînt exploatate pentru obţinerea apei potabile rîurile, fluviile şi chiar lacurile. În acest din urmă caz apa este supusă unei purificări în „uzinele" de apă. În prezent se fac cercetări pentru obţinerea de apă potabilă din apa

marină, în condiții economice cît mai avantajoase. Energia atomică pare a fi cea mai potrivită sursă pentru punerea în funcțiune a complexelor care vor produce în viitor apă potabilă din apa de mare.

Pentru a fi consumabilă de către populație, apa trebuie să îndeplinească o serie de condiții (tab. 15):

Tabelul 15

Condițiile de potabilitate ale apei (STAS 1342/1961)

Caracteristici	Unitatea de măsură	Admis	Excepțional	Observații
Organoleptice :				
— miros		fără miros		
— gust		fără gust		
Fizice și radioactive :				
— turbiditatea	grade	5	10	maxim
— culoarea	grade	15	20	maxim
— temperatura	grade	7—15	5—17	nautrală
— radiații alfa	mCi/ml	10^{-9}	—	maxim
— radiații beta	mCi/ml	10^{-8}	—	maxim
— radiații gamma	mCi/ml	10^{-8}	—	maxim
Chimice :				
— *p*H	u.*p*H	7—8	6,5—8,5	
— rezidiu fix	mg/l	100—500	300—1 000	
— duritatea totală	grade	20	—	în raport de Ca și Mg
— duritatea permanentă	grade	12	—	maxim
— Calciu	mg/ml	75	180	maxim
— Magneziu	mg/ml	50	80	maxim
— Fier	mg/ml	0,1	0,3	maxim
— Cloruri	mg/ml	200	400	maxim
— Sulfați	mg/ml	200	400	maxim
— Nitrați	mg/ml	10	20	nu se admit :
— Fluor	mg/ml	0,5	—	P_2O_5, metan,
— Plumb	mg/ml	0,1	—	substanțe
— Arsen	mg/ml	0,05	—	organice,
— Crom	mg/ml	0,05	—	H_2S, nitriți,
— Cianuri	mg/ml	0,01	—	amoniac
— Cupru	mg/ml	1	—	
— Zinc	mg/ml	1	—	
— Fenoli	mg/ml	0,001	—	
Bacteriologice :				
— germeni diverși	germeni/ml	20—300	—	
— bacili colii	germeni/ml	3—100	—	
Biologice :				
— organisme vii	număr/m³	—	—	macroscopice
— paraziți	număr/m³	—	—	ouă, larve
— seston	ml/m³	1	—	
— protozoare	număr/l	10	—	maxim

— să fie curată;
— să nu conţină germeni patogeni;
— să nu conţină toxine;
— să aibă duritate medie;
— să aibă reacţie neutră;
— conţinutul în fier să nu depăşească 0,2 mg/l;
— conţinutul în mangan să fie sub 0,1 mg/l;
— să fie limpede şi incoloră;
— să nu aibă miros şi gust;
— să posede o temperatură între 7—12°C etc.

Apele din pînzele freatice, din izvoarele sau apele tratate, în general nu conţin organisme care să determine modificări ce dăunează calităţii apei potabile. Cum însă pentru procurarea şi păstrarea, ca şi pentru transportul apei, se utilizează diverse instalaţii, în apa potabilă pot apărea produşi rezultaţi din procesele biologice ale organismului care îşi găseşte mediul de viaţă în astfel de instalaţii.

Fîntînile constituie rezervorul de apă familial sau multi-familial în mediul rural de la noi, cît şi din alte ţări. Ele sînt gropi săpate în pămînt pînă la nivelul pînzei freatice care furnizează apa necesară. Fîntînile sînt căptuşite cu piatră sau beton. Dacă scoaterea apei se efectuează prin pompare iar fîntîna este închisă, pericolul de contaminare cu diverse organisme este relativ redus. În cazul în care pentru scoaterea apei se folosesc găleţi, închiderea fîntînii nu se poate face în mod corespunzător, astfel că o serie de organisme se vor localiza şi dezvolta aici. Sursele pentru popularea fîntînii sînt fie germenii purtaţi de vînt, fie cei introduşi prin mijloacele de scos apă.

Pe pereţii fîntînilor de piatră sau beton se pot întîlni pînă la adîncimea de 2,5 m alge, flagelate, diatomee şi unele rizopode şi bacterii care, în unele cazuri, sînt patogene. Fîntînile de piatră conţin spre suprafaţă muşchi şi ferigi, ca: *Asplenium, Cystopteris* şi *Polypodium*. Dintre fanerogame se întîlneşte adesea *Poa compresa* şi *Epilobium* sp. Deasupra nivelului apei trăiesc uneori insecte, gîndaci, ţînţari, unele izopode, miriapode şi colembole. Fîntînile construite din tuburi de ciment sînt mai ferite de astfel de infestări.

Puţurile primitive, căptuşite cu scîndură, conţin frecvent muşchi *(Bryum, Hipnum, Fontinalis)*, alge de toate tipurile, mai ales verzi, filamentoase. În această floră la contactul cu apa trăiesc unele protozoare, viermi, acarieni şi insecte.

Deşi multe din formele enumerate nu prezintă un pericol imediat, ele sînt surse de materii detritice care, pînă la urmă, pot impurifica apa de băut a fîntînilor.

Rezervoarele şi turnurile de apă sînt instalaţii intermediare pentru transportul apei sau păstrarea ei. În aceste instalaţii, dacă nu sînt luate măsurile necesare, pot pătrunde ţînţari care depun ouă, diferite diptere, spori ai unor bacterii şi germeni rezistenţi ai algelor şi ciupercilor care, în condiţii de umezeală, încep să se dezvolte.

Bazinele de aprovizionare, lacurile de baraj, bazinele de decantare conţin adesea spongieri dulcicoli, briozoare iar la suprafaţă o serie de alge verzi şi albastre. În condiţii deosebite acestea pot provoca „înflorirea" apelor. Meduza *Craspedocusta soverbii* s-a extins din Japonia fiind

întîlnită și la noi în rezevoarele de apă. Aceste forme faunistice favorizează dezvoltarea bacteriilor ca și a unor larve de insecte, mai ales de țînțari. Pentru purificarea bazinelor de astfel de larve este utilizat peștișorul *Gambusia*.

Conductele de aducțiune se pot infesta cu bacterii de tipul ferobacteriilor *(Gallionela)*. Atunci cînd apa este bogată în mangan, *Crenotrix* formează colonii care pot astupa conductele. Coloniile astfel formate pe conducte se îmbibă cu materiale fine suspensoide, căptușind tuburile și micșorîndu-le diametrul util. Prin moarte, flora bacteriană intră în descompunere, alterînd apa care capătă un gust neplăcut.

Capitolul IX

POLUAREA APELOR CONTINENTALE

Se consideră ca fiind *poluată*, apa care prezintă modificări ale caracteristicilor organoleptice (gust, miros, culoare) sau care conține sub formă dizolvată substanțe toxice sau chiar netoxice. În acest din urmă caz se poate întîmpla ca aspectul organoleptic să rămînă bun, nemodificat, dar produșii toxici dizolvați să fie totuși poluanți.

Apa poluată conține o serie de factori nocivi pentru tot ce este organism viu în apă, ca și pentru ființele care o folosesc. Industrializarea și urbanizarea intensă, consecințe firești ale civilizației și progresului tehnic, pe lîngă marile avantaje pentru om, contribuie mult la poluarea mediului ambiant. În acest context apare din ce în ce mai stringentă necesitatea luptei pentru protejarea și conservarea naturii de acest pericol.

Industria utilizează cantități foarte mari de apă care nu se reține de obicei în produsul finit, ci se evacuează din instalațiile industriale sub formă de apă încărcată cu diverși produși, adesea improprii pentru viață. O asemenea apă poartă denumirea de *apă reziduală*. La noi industria evacuează anual peste 3 miliarde m^3 ape reziduale, volum destul de ridicat și care va crește paralel cu dezvoltarea industriei, dacă nu se iau măsuri energice în acest sens.

Poluarea apei nu se datorează numai surselor directe de poluare, cum sînt apele reziduale, ci și impurităților din atmosferă, în care se elimină mulți produși toxici, începînd cu cei evacuați prin coșurile instalațiilor industriale și terminînd cu gazele de eșapament ale automobilelor. La contactul dintre aer și apă asemenea produși pot difuza în apă, ori sînt antrenați din atmosferă odată cu apa de precipitație.

Poluarea apelor are consecințe largi și în unele cazuri greu de prevăzut, mai ales pentru viitor, și anume:

— periclitează alimentarea cu apă potabilă;
— scumpește instalațiile de filtrare și tratare a apei;
— împiedică folosirea directă a apei în irigații;
— afectează starea sanitară a omului și animalelor;
— degradează albia apelor curgătoare;

— distruge echilibrul biologic natural al apelor și chiar întreaga viață din ele etc.

Conducerea noastră de partid și de stat acordă o atenție deosebită utilizării raționale a resurselor naturale (în cazul nostru al apei), prevenirea și combaterea poluării mediului înconjurător și a efectelor dăunătoare ale fenomenelor naturale. Pornind de la faptul că protecția mediului înconjurător a devenit o problemă de interes național, că este partea integrantă a activității generale de dezvoltare economico-socială a țării, s-a adoptat recent Legea privitoare la *Protecția mediului înconjurător*, ale cărei prevederi sînt menite să contribuie la menținerea echilibrului ecologic, asigurarea condițiilor optime de viață pentru om și de dezvoltare a societății.

În ceea ce privește destinația surselor de apă, acestea se împart în:

— ape potabile și industriale;

— ape utilizabile în piscicultură și pentru agrement;

— ape utilizabile în irigații și la răcirea sistemelor industriale. În tabelul 16 redăm principalele caracteristici ale acestor categorii de apă.

Tabelul 16

Caracteristicile apelor utilizate în economia națională a țării noastre

Indicatorul:	mg/dm³		
	Potabilă și industrială	Piscicultură agrement	Irigații și răcire
Oxigen	6	5	4
Consum biochimic de oxigen	2	4	10
Consum chimic de oxigen	10	15	25
Cloruri	200	400	400
Sulfați	200	400	400
Calciu	150	200	300
Magneziu	50	100	200
Reziduu fix	500	1 000	1 200
*p*H	6,5—8,5	6,5—8,5	6,5—9,0

Depășirea acestor norme (din tab. 16), în sensul creșterii lor, determină:

— modificări termice;

— modificarea culorii;

— modificarea proprietăților organoleptice;

— scăderea oxigenului;

— apariția unor organisme specifice apelor impure.

Încercări de definire a apelor poluate sînt numeroase, dar pînă în prezent definițiile au un mare grad de imprecizie. Trebuie, însă, să înțelegem prin apă poluată, *acea apă care în urma adausului de corpi străini, solubili sau nu, devine inutilizabilă pentru satisfacerea cerințelor biologice și economice ale omului.*

Impurificarea (poluarea) apelor poate fi *naturală* și *artificială*. Primul tip de poluare se datorează unor factori de natură chimică și biologică, condiționați de factorii fizici, fără intervenția omului. Poluarea artificială apare ca o consecință în general a activității umane.

POLUAREA NATURALĂ

Anumite procese naturale pot cauza modificări de natură fizică, chimică și biologică în ape, iar în cazul cînd au o durată și o intensitate ce depășesc anumite limite, pot determina fenomenul de poluare cu produși specifici în exces. Astfel, precipitațiile în exces și îndelungate antrenează de pe sol în apele de suprafață resturi organice care, după sedimentare, se descompun prin fermentație bacteriană, dînd compuși toxici cum sînt metanul, hidrogenul sulfurat, amoniacul și acidul azotos. Deși astfel de substanțe sînt susceptibile de a fi oxidate și neutralizate, pentru un anumit timp ele provoacă neajunsuri organismelor din apă și modifică însușirile apei.

Factorii care agită apele lacurilor pot avea în unele cazuri intensități atît de mari încît apa poate fi amestecată pe toată adîncimea, iar substanțele toxice rezultate în procesele anaerobe de descompunere a materiilor organice de la fund ajung în păturile superficiale, provocînd modificarea mediului. Asemenea ape, dacă ajung în rîuri, produc poluarea acestora. În lacuri este frecvent fenomenul de „înflorire" a apei, adică de dezvoltare intensă a unor organisme, cum sînt: fitoflagelatele, algele albastre și bacteriile. Acestea, întîlnind în mediu condiții optime de dezvoltare, se înmulțesc rapid, iar în urma activității lor metabolice sau după moarte eliberează produși organici care sînt descompuși cu eliberare de toxine. Anumite organisme eliberează în ape substanțe „ectocrine" cum ar fi *clorelina* și *scenedesmina*. Asemenea substanțe inhibă dezvoltarea altor organisme, acționînd asemănător cu antibioticele; în special fitoplanctonul eliberează în mediu astfel de substanțe. În zonele de „înflorire" a apelor, mediul suferă schimbări atît în ceea ce privește compoziția chimică cît și în privința calităților sale organoleptice. Apele astfel degradate nu pot fi utilizate în scopuri economice, fiind toxice.

Rîurile sînt poluate adesea și de apele provenite din turbării; aceste ape au un pronunțat *p*H acid și sînt încărcate cu acizi humici și alți produși toxici.

Poluarea naturală a apelor are un caracter temporar și se manifestă pe suprafețe restrînse. Efectele sale sînt contracarate de sistemele-tampon ale apelor, ca și de intervenția unor factori de natură fizică și biologică prezenți în mediu. Poluarea naturală nu a prezentat în ansamblul său un pericol potențial imediat pentru umanitate.

POLUAREA ARTIFICIALĂ

Poluarea artificială se deosebește de cea naturală, atît cantitativ cît și calitativ. Cantitățile de substanțe care ajung în ape sub forma deșeurilor sînt imense. Ca atare, se pune întrebarea: mai există astăzi apă curată? Se pare că într-o anumită măsură produșii de poluare s-au răspîndit peste tot. La adîncimi considerabile din ocean au fost depozitate (se pare) încărcături nucleare, tot aici au fost lansate containere cu gaze toxice rămase din arsenalul ultimului război mondial (S.U.A.).

Substanțele care ajung în apă pot aparține sub raport chimic categoriei *produșilor organici*, cum sînt resturile din prelucrarea materiei organice și din recipientele industriei de sinteză. O altă grupare aparține celor *anorganici*, cum ar fi acizii, bazele și sărurile metalelor feroase și neferoase. Desigur, nu toate sînt toxice, dar acizii și bazele modifică *p*H-ul apelor, iar sărurile metalelor grele sînt toxice.

Poluarea artificială nu se datorează numai compușilor amintiți mai sus. Sînt poluante și substanțele suspensoide provenite de la flotații, ca și rumegușul evacuat de fabricile de cherestea. Deversarea în apă a unor substanțe care conțin germeni patogeni (bacterii) sau germeni (ouă, chiști) ai unor paraziți (viermi) constituie ceea ce se numește *poluarea biologică* artificială. *Sunetul* este, de asemenea, poluant. „Bangul" supersonicelor distruge fragilele organisme planctonice de la suprafața apelor, periclitînd echilibrul biologic al acestora. Apele instalațiilor de răcire, avînd temperaturi diferite față de cele din mediu, sînt un factor de *poluare termică* artificială.

Tipurile de substanțe care impurifică apele sînt numeroase și, din această cauză, vom insista mai ales asupra surselor de poluare, asupra domeniilor activității umane care contribuie la întreținerea fenomenului.

Poluarea industrială. Industria constituie domeniul economic care utilizează cele mai mari cantități de apă și, totodată, este și sursa cea mai importantă de poluare. Numeroasele ramuri industriale contribuie inegal de poluarea apelor, dar oricare întreprindere eliberează în mediu produși nocivi.

Industria extractivă, cu ramuri numeroase și răspîndite pe întreaga suprafață a globului, inclusiv în apele maritime litorale, evacuează în ape suspensii rezultate în procesele de flotare, cît și produși secundari rezultați din arderea combustibililor primari. Suspensiile și sterilul se depun în albia rîurilor, înăbușind fauna și flora bentonică. Jiul la noi este unul dintre cele mai poluate rîuri, datorită sterilului și suspensiilor rezultate din procesele de flotație de la minele de cărbuni. Flotațiile minelor de fier, ale celor de metale neferoase, de la exploatările de pirită, piatră pentru construcții, ca și apele scoase din instalațiile de foraj, constituie un pericol major pentru apele de suprafață. Metalele grele, hidrocarburile și alți produși secundari din industria extractivă au un mare grad de toxicitate.

Siderurgia utilizează mari cantități de apă. Amintim că la prelucrarea unei tone de fier sînt necesare circa 15 tone de apă. Această apă nu în totalitate se elimină sub formă de vapori, ci mai ales sub formă de apă reziduală încărcată cu produși dăunători. Instalațiile de răcire ale uzinelor siderurgice utilizează apa, iar aceasta evacuată în apele de suprafață produce poluare termică.

Industria chimică, extrem de diversificată, are la noi în țară o dezvoltare impetuoasă. Fabricile și combinatele chimice nu se pot dispensa nici ele de apă. Apa este utilizată și pentru a înlătura produșii neutilizați în procesul de fabricație. Atît uzinele chimice de acizi, cît și cele producătoare de substanțe clorosodice, ca și cele de medicamente de sinteză, contribuie mult la poluare. Fabricile de îngrășăminte și insecticide, de asemenea elimină în mediu cantități mari de substanțe, adesea toxice.

Industria petrochimică de pretutindeni poluează apele cu fenoli, produs deosebit de periculos. Apele poluate cu doze mici de fenol nu pot fi utilizate pentru alimentări cu apă potabilă. Industria petrochimică elimină și o gamă largă de alți produși sintetici și radicali organici. Industria de fibre și fire sintetice este strîns corelată cu industria petrochimică și, în consecință, deversează în apă cam aceiași produși; adesea poluează apele cu mercur, pe care îl folosesc ca un catalizator al polimerizărilor. Industria de detergenți sintetici poluează atît apa cît și atmosfera cu substanțe tensioactive, deosebit de periculoase.

Industria alimentară, cu numeroasele sale combinate de prelucrare a cărnii, fructelor și legumelor este principala sursă de poluare cu substanțe organice a apelor. Această industrie utilizează cantități mari de apă pentru spălarea produșilor, ca și pentru spălarea agregatelor industriale. Apa utilizată pentru spălare se încarcă cu mari cantități de substanțe organice, uneori suspensoide care, prin putrefacție, dau produși toxici periculoși. Aceste substanțe contribuie și la infectarea mediului hidric cu germeni patogeni (de exemplu, Streiul lîngă Hațeg, dar și alte ape).

Transporturile contribuie, de asemenea, la degradarea mediului hidric. Gazele de eșapament ale navelor mici și ale automobilelor, ale motoarelor Diesel instalate pe camioanele grele, ajung cu timpul în apă. Din atmosferă, în urma ploilor, pătrund în apă și produși de ardere ai motoarelor care poluează mediul, unii presupuși cancerigeni.

Industria și transporturile constituie principala sursă de poluare a mediului. Cerințele obiective ale societății moderne impun dezvoltarea lor, iar progresele, în sensul reducerii produșilor de poluare rezultați de la astfel de surse, sînt deocamdată minime. Omenirea caută în prezent găsirea celor mai eficiente mijloace de limitare a poluării industriale.

Poluarea urbană. Marile aglomerări urbane sînt o sursă continuă și masivă de poluare. Apele menajere care se scurg prin sistemul de canalizare au o încărcătură considerabilă de materii organice și anorganice, de germeni patogeni și uneori și de substanțe farmaceutice și chimice eliminate de laboratoare. Astăzi în orașe există chiar instalații care utilizează izotopi radioactivi, astfel că acestea contribuie la *poluarea radioactivă* a apei. Spitalele ca și numeroasele întreprinderi mici, unitățile comerciale etc. sînt adesea surse de poluare prin deversarea directă la sistemul colector a multor produși toxici. Gunoiul menajer care se adună în cantități mari constituie o problemă deosebită pentru orașe. Adesea, chiar dacă nu direct, produșii de dezagregare ai acestuia ajung cu timpul în apă și de aici în circuitul general al acesteia. Orașele poluează și termic apa de canalizare, aceasta avînd temperaturi diferite de aceea a rîurilor în care ajunge.

Poluarea agricolă. Agricultura este în prezent o mare consumatoare de produși industriali cum sînt îngrășămintele chimice, insecticidele, fungicidele etc. Aceste mijloace destinate fertilizării și protejării producției ajung pe sol și de aici în ape prin intermediul torenților sau prin ploi, putîndu-se infiltra și în pînza freatică. Instalațiile zootehnice sînt surse directe de poluare. Scurgerile de la crescătoriile de animale poluează rîurile pe distanțe mari de la locul de plasare.

Se pare că nu există domeniu al activității umane care să nu joace un oarecare rol în poluarea apei. *Poluarea reprezintă un mare pericol în menținerea echilibrului ecologic și pentru omenire,* dar există garanția că omul epocii noastre va ști să o prevină sau să o diminueze, să o facă mai puțin periculoasă și chiar să înlăture efectele sale prin măsuri energice.

CONSECINȚELE BIOLOGICE ALE POLUĂRII

Substanțele poluante din ape au, în majoritatea lor, efecte toxice, directe sau indirecte, pentru organismele acvatice. Fenolii, sărurile metalelor grele, compușii cianhidrici, hidrogenul sulfurat, produsele cloro-sodice, numeroasele substanțe colorante, ca și detergenții și îngrășămintele, acționează direct asupra organismelor din apă. Alte substanțe, între care și cele organice, dau naștere la produși toxici secundari, rezultați în procesele de descompunere anaerobă. Cu studiul acțiunii substanțelor toxice deversate în apă se ocupă o subramură a hidrobiologiei și anume **toxicologia acvatică.** Această disciplină, relativ tînără, *studiază viața din bazinele contaminate cu produși reziduali și de altă natură, stabilind legile ecologice generale care izvorăsc din interacțiunea organismului cu mediul poluat.*

Toxicele acționează asupra organismelor vii, începînd cu nivelul individual de organizare și terminînd cu biocenoza. Efectul este în funcție de *doză,* însă cunoașterea acestuia necesită studii importante mai ales în ceea ce privește permeabilitatea membranelor biologice și a posibilităților de schimb. Gradul de diferențiere a organismului, deci mecanismele fiziologice de reglare a schimburilor, joacă un rol important în apărarea față de factorul nespecific, reprezentat de poluant.

Substanțele toxice afectează în ultimă instanță metabolismul, dar pînă aici survin o serie de reacții ale organismului ordonate în direcția organizării apărării față de poluant. Din această cauză, în toxicologia acvatică conceptul de „doză-răspuns" este fundamental. Datorită condițiilor specifice ale mediului acvatic, cînd trebuie să ținem seama de concentrația toxicului în mediu trebuie să avem în vedere și posibilitatea de anihilare sau reducere a gradului de toxicitate prin intervenția factorilor fizico-chimici.

Indivizii se comportă specific la acțiunea poluanților. Astfel, unele organisme secretă mucus la suprafața tegumentului, altele concentrează și elimină toxicul prin organe specializate, altele părăsesc zona infestată. Trebuie remarcat faptul că nu toți indivizii răspund în același grad la acțiunea toxicului. Din această cauză, la nivelul populațiilor, efectul substanțelor toxice perturbă relațiile intraspecifice, diminuînd densitatea populației iar aceasta poate duce la dezvoltarea exagerată a indivizilor aparținînd altor specii, apte să reziste la acțiunea toxicului sau chiar indiferente față de acesta. În anumite cazuri, toxicul nu se manifestă periculos pentru generația matură, dar urmașii acesteia sînt mai puțin viabili (mai ales datorită radioactivității), după cum sensibilitatea față

de factorii poluanți poate fi diferită în diferitele faze de dezvoltare. Biocenoza este, de asemenea, afectată. Apele murdare au asociații tipice de organisme, denumite *saprobionte* (de la cuvîntul grec *sapros* — murdar), care trăiesc în mediul poluat (de exemplu, *saprofitele* preferă un astfel de mediu). Saprobiontele joacă un rol important în purificarea apelor de substanțele organice ajunse aici, însă în ceea ce privește toxinele se comportă la fel ca toate organismele, numai că față de anumite toxice pot manifesta o rezistență mai mare. Rezultă, deci, că între detoxicarea mediului și autopurificare nu se poate pune un semn de egalitate, deși cele două procese au numeroase asemănări. Detoxicarea se realizează mai ales pe seama proceselor fizice și chimice (de exemplu, diluația și neutralizarea chimică au un rol esențial).

Toxicitatea este influențată și de o serie de factori *externi* și *interni*.

Factorii externi. Dintre aceștia amintim: *a)* interacțiunea dintre toxice; *b)* temperatura; *c)* conținutul în oxigen; *d)* pH-ul; *e)* sărurile minerale; *f)* lumina; *g)* viteza curentului apei; *h)* turbiditatea. Acești factori, în raport de valoarea lor, pot reduce sau, din contră, amplifică toxicitatea. Așa, de exemplu, apele bine oxigenate diminuează acțiunea toxicului, datorită proceselor de oxidare. Curentul puternic al apei aerează apa și împrăștie toxicul. Lumina poate amplifica acțiunea toxică a unor cianuri, determinînd punerea în libertate a radicalului — CN. Absorbția unor toxice de către suspensii duce la diminuarea acțiunii lor. Substanțele-tampon din apă joacă un mare rol în readucerea reacției ionice la valorile normale etc.

Factorii interni depind de organismele care se găsesc în mediul acvatic infestat. Toxicitatea unei anumite substanțe variază pentru un grup sau altul de organisme, pentru o specie sau alta și chiar de la un individ la altul. Astfel, dintre pești sînt deosebit de sensibili la acțiunea toxicelor păstrăvul de munte, bibanul și ghiborțul și mai puțin sensibili crapul, linul și carasul. Pentru stadiile tinere de dezvoltare, toxicele au un efect deosebit de nociv (larve, puiet sau alevin). Ouăle sînt mai rezistente datorită învelișului protector. Desigur, rezistența la toxice este dependentă și de starea fiziologică a indivizilor, populației și biocenozei. Indivizii mai robuști, mai sănătoși, sînt mai apți de a părăsi mediul toxic și chiar de a rezista mai mult toxicului în comparație cu cei slab nutriți sau atinși de anumite boli. Variații individuale, însă, se manifestă și în acest caz.

Intoxicarea se poate produce *acut*, rapid sau, din contră, acțiunea toxicului se cumulează treptat, producîndu-se intoxicare *cronică*. Indiferent de modul cum are loc intoxicarea, procesul se evidențiază prin anumite faze succesive, care pot fi observate și determinate de experimentator. Pentru pești au fost evidențiate: *a)* faza de neliniște; *b)* faza de iritabilitate crescută sau micșorată; *c)* tulburarea echilibrului; *d)* ataxie; *e)* agonie; *f)* moarte. Aceste faze, însă, nu pot da indicații privind acțiunea toxicului la nivelul organelor și sistemelor organismului afectat. Pentru aceasta sînt necesare experiențe și tehnologii adecvate, mai ales de natură fiziologică și histo-chimică. Se înțelege că metodologia experimentală va ține seama de organismul utilizat ca test, ca și de o întreagă serie de caracteristici ale toxicului. Metodele curente de determinare a

consumului de oxigen, și prin aceasta a metabolismului, sînt de mare însemnătate în studiile de toxicologie acvatică.

Toxicologia acvatică utilizează pentru a evidenția diverse situații simboluri ca: *DL50 (doză letală* pentru 50% din organismele test); *CL (concentrația letală); TL (timpul letal); CML (concentrația minimă letală)* etc.

Pentru precizarea toxicității este necesară investigația complexă de natură fiziologică, serologică și hematologică adecvată scopului urmărit și anume, acela al normării substanțelor toxice care pătrund în cantități cît de mici în apele de suprafață. Trebuie avut în vedere și acomodarea organismelor pentru moment în apa toxică și, în acest caz, investigația trebuie prelungită pînă la evidențierea tuturor manifestărilor susceptibile să survină la generațiile următoare. Desigur, toate acestea trebuie să aibă în vedere factorul uman, de azi și de mîine, ca beneficiar principal al mediului hidric.

Încărcarea apelor cu substanțe poluante, ca și acțiunea diferențiată a toxicelor, au drept consecință apriția și dezvoltarea în apele poluate a unor anumite grupări de organisme care valorifică resursele respective de substanțe. Asemenea organisme reflectă condițiile mediului în care se dezvoltă. Pe baza acestor organisme s-a întocmit așa-numitul *sistem al saprobiilor și al claselor de puritate a apelor*. Sistemul saprobiilor a fost elaborat de către R. Kolkwitz și M. Marsson. Sistemul se bazează pe faptul că în aval de locul de evacuare a produșilor de poluare se disting mai multe zone cu grade diferite de purificare, din ce în ce mai crescute, cu condiții de mediu specifice pentru fiecare zonă în parte. După acești autori, în apele poluate se pot distinge următoarele zone saprobe:

a) *Zona polisaprobiilor*. Se instalează în porțiunile cele mai intens poluate cu substanțe organice. Oxigenarea apei este redusă la minimum; aceasta favorizează dezvoltarea exagerată a bacteriilor anaerobe. Procesele de reducere sînt intense, rezultînd compuși organici mai simpli (metan, hidrogen sulfurat, amoniac etc.). Bacteriile formează colonii caracteristice, sub forma unor smocuri, acoperind cu un fel de pîslă toate obiectele din apă. În asemenea ape trăiesc bacterii filamentoase din genul *Sphaerolitus*, protozoare, viermi *(Tubifex)* și unele larve de insecte (din grupul *Chironomus*) *(Planșa XV)*.

b) *Zona mezosaprobă*. Conține substanțe organice în cantități mai mici și, alături de acestea, produși secundari rezultați din activitatea organismelor polisaprobe. Atunci cînd gradul de poluare nu este prea intens, zona mezosaprobă se poate instala în porțiunea de apă din imediata apropiere a locului de evacuare a apei reziduale. Zona este subîmpărțită la rîndul ei în:

— *subzona α-mezosaprobiilor*, caracterizată prin dominanța proceselor de reducere;

— *subzona β-mezosaprobiilor*, cu ape mai curate și mai bine oxigenate, dominante fiind procesele de oxidare.

În zona mezosaprobă o mare parte din compușii organici sînt oxidați. Alături de bacterii, în această zonă trăiesc multe cianoficee, unele hirudinee și larve de insecte. Crește cantitativ fosforul și, odată cu acesta, se dezvoltă diatomeele și cloroficeele *(Planșele XVI, XVII)*.

c) *Zona oligosaprobă*. Urmează, în succesiune, zonei mezosaprobă. Organismele de aici se aseamănă în ceea ce privește cerințele față de mediu cu organismele din apa nepoluată a rîului respectiv. În această zonă se întîlnesc briofite, diatomee, cloroficee și alte plante, cît și o serie de animale care trăiesc în apele curate (larve de tricoptere, efemeroptere și plecoptere) *(Planșa XVIII)*.

Poluarea s-a accentuat mult în ultimul timp. Din această cauză, și părerile cu privire la sistemele și tipurile de apă poluată au evoluat în raport de situație.

O primă revizuire a sistemului saprobiilor a fost efectuată de către H. Liebmann (1962). El a acordat o mai mare atenție protozoarelor. Totodată s-au categorisit apele poluate după mai multe criterii, cît și după conținutul lor în poluanți (tab. 17).

Sistemul saprobiilor stă la baza procesului complex de autopurificare și purificare biologică artificială a apelor uzate (biofiltre). În prezent atenția biologilor se îndreaptă în direcția identificării acelor organisme care au cea mai mare eficiență în purificarea apelor. Asemenea organisme se introduc în instalațiile artificiale de epurare.

Saprobiontele pot fi utilizate și pentru determinarea gradului de puritate al apelor, cunoscîndu-se faptul că poluanții acționează selectiv asupra speciilor.

Factorii biologici de purificare a apelor degradate. Epurarea apelor naturale este un proces complex cu desfășurarea fazică. În cazul apelor mai puțin poluate fazele se suprapun, se desfășoară concomitent.

Autopurificarea comportă:

— o fază mecanică;
— o fază chimică;
— o fază biologică.

Faza mecanică. Apa fărîmițează și depune substanțele grosiere în sedimente pe mal sau în albia rîului. Procesul mecanic de autoepurare este preliminar fazelor următoare.

Faza chimică constă în oxidarea substanțelor prin contact cu alte substanțe dizolvate în apă. În unele cazuri (de exemplu, toxinele), aciditatea sau alcalinitatea pot fi neutralizate prin combinații care duc la produși netoxici. Rezerva alcalină a apelor naturale joacă un rol important în acest sens. Cu toate acestea, faza chimică de autoepurare nu este în măsură să redea toate calitățile organoleptice inițiale, specifice apei curate.

Faza biologică constituie etapa finală de purificare a apelor, deoarece în urma acțiunii factorilor biologici, apa recapătă toate proprietățile inițiale, de apă curată. Organismele vii, acționînd asupra substanțelor din apă, le încorporează și le transformă în așa mod încît eliberate în apă sub formă de compuși minerali, organici, aceștia nu modifică cu nimic calitățile apei. Pentru desfășurarea procesului biologic de epurare trebuie să existe: *a)* organisme vii care să participe la proces; *b)* condiții optime pentru desfășurarea proceselor metabolice.

Adausul de substanțe organice pe cale artificială creează condiții optime pentru dezvoltarea faunei și florei bacteriene saprofite. Bacteriile se înmulțesc atît de rapid încît în condiții de temperatură optimă ajung la ordinul a milioane de indivizi la litrul de apă. Aceștia, producînd

Tabelul 17

Principalele categorii de ape poluate şi caracteristicile lor (după D u s s a r t, 1966)

Simbolul	Denumirea:		Număr de germeni/ml mai mare de	Numărul de coliformi/litru mai mare de	O_2 mg/l mai mult de	H_2S mg/l mai puţin de	COB—5 zile mai puţin de	Caracteristici
k	catarobe		500	20	variabil	0	0	clor rezidual
x	Limnosaprobe	xenosaprobe	1 000	10 000	8	0	1	
o		oligosaprobe	10 000	50 000	6	0	2,5	
α		mezosaprobe	50 000	100 000	4	0	4	
β		mezosaprobe	250 000	1 000 000	2	0	7	
p		polisaprobe	2 000 000	20 000 000	0,5	urme	40	*Eh* = +200 mV
i	Eusaprobe	izosaprobe	10 000 000	3×10^9	urme	1	40—400	*Eh* = +50—200 mV
m		metasaprobe	20 000 000	10×10^9	0	100	200—700	*Eh* = sub+50 mV
h		hipersaprobe	50 000 000	1×10^6	0	10	500—2 000	
u		ultrasaprobe	10	0	0	0	1 000—60 000	
a	Transsaprobe	antisaprobe	0	0	variabil	0	variabil	Substanţe organice
r		radiosaprobe	variabil	variabil	variabil	variabil	variabil	Nuclizi
c		criptosaprobe	variabil	variabil	variabil	variabil	variabil	Susbtanţe anorganice

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

mineralizarea substanței organice, creează condiții bune pentru dezvoltarea organismelor fotosintetizante, care vor furniza materie organică pentru lanțurile trofice următoare. În acest mod se stabilesc raporturi corelate între ceea ce intră și ceea ce iese din apă, după parcurgerea celor trei faze principale de epurare.

Organismele vii, fiind „sisteme deschise", transformă materia lipsită de viață în compuși organici necesari vieții sau în produși de excreție cu toxicitate mai redusă decît compușii inițiali. Pentru ca activitatea de epurare exercitată de sistemele vii să se poată desfășura cu maximum de randament, sînt necesare o serie de condiții: *a)* temperatură optimă (18—22°C); *b)* substanța organică să nu fie în cantități exagerate; *c)* să existe oxigenul necesar proceselor aerobe.

Punctul inițial al procesului biologic de purificare îl constituie acțiunea bacteriană, care se manifestă pe două căi fermentative și anume: *anaerob* și *aerob*. În procesul anaerob rezultă compuși mai simpli de natură organică, în unele cazuri toxici pentru alte organisme. Activitatea aerobă se finalizează prin eliberarea în mediu a unor produși oxigenați cu utilizare în dezvoltarea altor sisteme biologice.

Cele două procese se desfășoară concomitent. În cadrul procesului a n a e r o b rezultă substanțe care vor fi supuse ulterior transformărilor aerobe. Sistemul aerob este mai eficient decît cel anaerob, în sensul că primul duce la mineralizarea materiei pînă la produși finali netoxici. Instalarea unuia sau altuia, dominanța organismelor de tip aerob sau anaerob, este dependentă de gradul de poluare ca și de conținutul în oxigen al apei. Lipsa de oxigen și abundența în substanțe organice determină o înmulțire mai accentuată a bacteriilor anaerobe. Procesele anaerobe sînt în general procese de reducere, de activare a hidrogenului și de legare a lui în substrat. Procesele aerobe sînt însoțite de activarea oxigenului.

Bacteriile anaerobe transformă ureea în produși amoniacali, proteinele în amoniac și hidrogen sulfurat și o serie de radicali care conțin carbon. Grăsimile neutre sînt descompuse în alcooli și acizi grași, iar aceștia, în continuare, pînă la stadiul de hidrocarburi. Celuloza și alte polizaharide, cît și hexozele, sînt descompuse în substanțe mai simple. Bacteriile anaerobe pot acționa și asupra unor săruri minerale pe care le reduc. De remarcat că odată cu eliberarea acestor compuși, bacteriile sintetizează substanță organică necesară vieții, scoțînd din apă produșii de poluare.

Faza a e r o b ă de purificare este mai complexă, atît în ceea ce privește grupele de organisme care participă la efectuarea ei cît și în ceea ce privește rezultatul final. Cu această fază, procesul de epurare se încheie, apa poluată, redobîndind proprietățile inițiale, devine curată. La realizarea fazei aerobe participă bacterii aerobe care oxidează substratul pînă la eliberarea de compuși minerali, bioxid de carbon și apă. În acest proces se utilizează mari cantități de oxigen. Scăderea conținutului în oxigen și imposibilitatea reînnoirii rezervelor pot duce la inhibarea procesului.

Plantele superioare și algele din apă contribuie la oxigenarea mediului. Animalele participă la proces prin ingerarea de substanțe organice și metabolizarea acestora (protozoare, lamelibranhiate) sau prin favorizarea pătrunderii în sediment a bacteriilor aerobe. Organismele animale

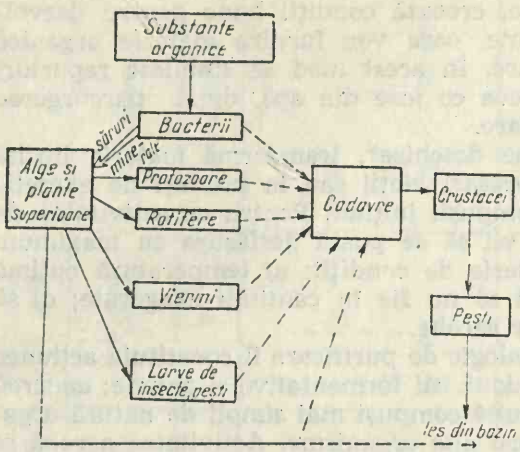


Fig. 128. Lanțul trofic al apelor poluate.

care filtrează apa au un mare rol în limpezirea mediului. Peștii participă și ei la epurarea apelor, consumînd organismele ce se hrănesc cu detritus.

Un lanț trofic complex, al cărui termen final sînt peștii, transformă materia organică ce ajunge în apă sub formă de compuși organici din ce în ce mai complecși. Transformările care survin se produc cu pierdere de materie și energie și au ca rezultat modificarea calitativă a mediului ambiant (fig. 128).

În zilele noastre, sistemele biologice naturale din ape nu mai pot face față avalanșei de substanțe ajunse în apă prin sursele de poluare. Mai ales marile unități industriale, ca și apele menajere evacuate de centrele urbane, necesită instalații speciale de epurare biologică. Asemenea instalații prezintă avantajul epurării „intensive" a apelor reziduale.

Tipurile de instalații utilizate astăzi la purificarea apei sînt numeroase, însă toate au la bază acțiunea organismelor vii asupra materiei. Mai comune sînt *biofiltrele, aerotancul, iazul de oxidare* și *elești*eele alimentate cu apă uzată. Aceste instalații cuprind aglomerări de materiale solide (rocă sau bucăți de material plastic) și organisme care să fie apte pentru a interveni în procesul de epurare.

F i l t r e l e b i o l o g i c e *(filtrele picurătoare)* se compun din cel puțin 3 etaje active. Apa reziduală este scursă într-un decantor primar unde se depun materiile mai grosiere. De aici apa este pulverizată cu ajutorul unor pompe în filtrul picurător. Aici are loc procesul de epurare biologică efectuat de organismele care se dezvoltă în materialul grosier al filtrului. După L i e b m a n n, în biofiltre există o succesiune a saprobiilor în raport de valența lor: la suprafață polisaprobe, iar în zonele cu apă mai puțin încărcată cu materii organice mezo- și oligosaprobe. În biofiltre apa poate fi recirculată pînă la epurare completă. Din biofiltru apa se scurge într-un decantor secundar și apoi în sursa directă de apă de suprafață (fig. 129).

La proiectarea unor astfel de instalații trebuie să se țină seama de încărcătura în substanțe a apei reziduale, de tipul acestor substanțe ca și de crearea unor condiții pentru obținerea unui randament maxim. *Selectarea organismelor, ca și cunoașterea condițiilor pentru optima lor activitate sînt factori tot atît de importanți.*

A e r o t a n c u l este, în fond, tot un fel de filtru biologic însă aici intervine omul pentru obținerea factorului activ de epurare și anume a *nămolului activ*, care se obține prin aerarea unei ape poluate cu materii organice. În aceste condiții apa se încarcă cu organisme (bacterii, protozoare) care, acționînd asupra materiei din apa reziduală, o transformă și, prin aceasta, apa devine curată. Schematic, o astfel de instalație este

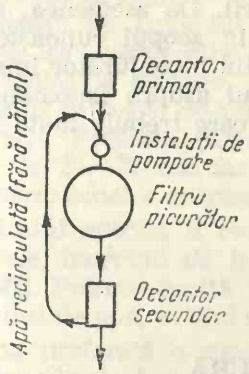


Fig. 129. Schema unei instalații de epurare prin biofiltru (după I. Mălăcea).

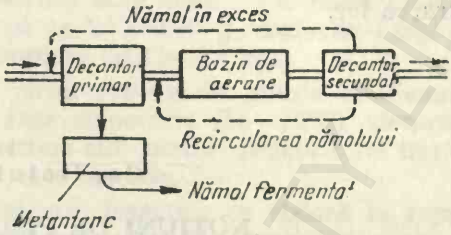


Fig. 130. Schema unei instalații de epurare artificială, prevăzută cu aerotanc (după I. Mălăcea).

redată în figura 130. Factori ca pH-ul, temperatura, potențialul de oxido-reducere, influențează asupra procesului. Cunoașterea unor asemenea factori, ca și a microorganismelor cele mai adecvate scopului, ajută la optimizarea instalației.

Iazurile și eleșteele se utilizează, de asemenea, pentru epurarea biologică a apelor reziduale. Asemenea iazuri se pot crea artificial sau se folosesc în acest scop iazurile naturale. Este necesar ca în amenajarea unor astfel de incinte să se aibă în vedere extinderea la maximum a suprafeței lor, ca și utilizarea de organisme animale care să favorizeze activitatea microorganismelor. În cazul eleșteelor trebuie avut grijă ca peștii utilizați să aibă oxigenul necesar și să nu fie prea sensibili la toxice. Iazurile și eleșteele se utilizează ca o a treia treaptă de epurare a apelor uzate.

Organizarea instalațiilor biologice de epurare intensivă a apelor reziduale trebuie să aibă la bază legile ecologice și de dezvoltare ale sistemelor vii utilizate și cunoașterea perfectă a însușirilor fiziologice ale acestora.

Poluarea nu este un fenomen de neînlăturat, omul avînd, în condițiile științei și tehnicii actuale, posibilitatea de a o limita și de a reda în circuitul general apele uzate. Pentru aceasta, sînt necesare:

— norme adecvate de testare și caracterizare a apelor;
— personal calificat pentru controlul periodic al apelor;
— organizarea bazinelor hidrografice;
— legislație corespunzătoare;
— propagandă în sprijinul ocrotirii apelor.

Toate aceste deziderate sînt astăzi îndeplinite în țara noastră. Sînt reglementate și stabilite prin lege categoriile de ape care intră în uzul economiei. Se alocă fonduri importante pentru pregătirea personalului destinat controlului periodic al apelor, pentru organizarea sistemelor de epurare. Dispunerea instalațiilor industriale, ca și organizarea bazinelor hidrografice în mod corespunzător, potrivit cerințelor economice și sociale, se face respectîndu-se legislația privind protecția mediului înconjurător, care are în vedere conservarea și utilizarea rațională a resur-

selor naturale, prevenirea și combaterea poluării. De asemenea, trebuie să se asigure formarea unei opinii de masă în scopul cunoașterii de către toți cetățenii a necesității protejării mediului înconjurător împotriva agenților poluanți, informarea largă a publicului asupra fenomenelor de poluare a mediului înconjurător și a măsurilor care trebuie luate pentru înlăturarea lor.

Capitolul X

NOȚIUNI DE PISCICULTURĂ

Unul dintre domeniile de aplicabilitate practică a cunoștințelor și rezultatelor experimentale din hidrobiologie este *creșterea peștilor*. Utilizînd diferitele formațiuni hidrologice ca: bălți, eleștee, lacuri și bazine special amenajate, omul a căutat din cele mai vechi timpuri să crească anumiți pești pentru hrană. În prezent, creșterea peștilor este o ramură economică dezvoltată, mai ales în țările în care există resurse suficiente de apă și terenuri potrivite pentru amenajări piscicole.

Amenajarea întreprinderilor piscicole cu caracter intensiv se face nu numai în scop economic, imediat, ci și pentru repopularea rîurilor, mai ales a celor de munte, cu puiet obținut pe cale dirijată, în condiții speciale.

Dacă pînă nu demult amenajările piscicole vizau doar apele interioare, astăzi se pun probleme și în legătură cu intervenția omului în amenajarea piscicolă a platformelor continentale și a unor mări închise. Pînă în prezent se poate vorbi de cultură intensivă doar în ceea ce privește speciile de pești continentali și mai ales al salmonidelor și ciprinidelor. Se fac eforturi, de asemenea mari, pentru cultura șalăului *(sandricultura)*, a unor sturioni, a mugilidelor, a pleuronectidelor etc.

SALMONICULTURA

Speciile din familia păstrăvului *(Salmo trutta fario)* sînt utilizate în cultură, atît pentru consum, cît mai ales pentru popularea cu puiet a rîurilor de munte folosite pentru pescuitul sportiv. La noi în țară sînt amenajate un mare număr de crescătorii de păstrăvi. Dintre acestea, cele de la Răcătău (jud. Cluj), Ceahlău și Tarcău (Jud. Neamț), Lacul Roșu (jud Covasna), Stîna de Vale (Jud. Bihor) și Teleajen (Jud. Prahova) sînt mai importante.

Dintre speciile de salmonizi, mai frecvent utilizate în cultură sînt păstrăvul de munte *(Salmo trutta m. fario)*, păstrăvul de baltă *(Salmo trutta labrax m. lacustris)*, păstrăvul curcubeu *(Salmo trutta irideus* var. *shasta)*, fîntînelul *(Savelinus fontinalis)*, lostrița *(Hucho hucho)* și, în ultimul timp, prin aclimatizare, coregonul *(Coregonus lavaretus marenoides)* originar din Lacul Ladoga (U.R.S.S.).

Păstrăvul de munte (*Salmo trutta labrax m. fario*). Are culoarea în concordanţă cu coloritul pietrelor de pe fundul rîurilor, adică brun-deschisă, sau verde-oliv în zonele cu biodermă vegetală bogată sau cu rocă închisă la culoare. Pe laturile corpului prezintă pete roşii, mai aprinse în perioada de înmulţire. Coloraţia variază şi în funcţie de vîrstă şi de sex. Prezintă dimorfism sexual accentuat. La maturitate, talia ajunge la 25—37 cm iar greutatea la 200—800 g, mai rar 1 500 g (cu totul excepţional s-au pescuit exemplare de 10—12 kg).

Habitatul speciei îl constituie pîrîul repede de munte şi uneori rîul de munte, începînd de la izvor. Este stenoterm (14—16°C), stenoxibiont şi rheofil. Petrece multă vreme ascuns sub pietre. Înoată bine împotriva curentului de apă, urcînd chiar şi peste cascade.

Hrana preferată o constituie viermii, insectele ce zboară la suprafaţa apei, larvele de insecte şi mai ales crustaceii din grupul gammaridelor, peştişorii mai mici, uneori chiar din propria progenitură (canibalism).

La maturitatea sexuală ajung după 3—4 ani, iar epoca de depunere a icrelor este toamna în lunile septembrie-noiembrie, în funcţie de temperatura apei. Durata de incubaţie este de 34—120 zile, necesitînd un total de aproximativ 512°C. Această temperatură reprezintă suma temperaturilor medii zilnice din perioada de incubaţie. Atunci cînd temperatura apei rîurilor scade la 8—6°C, păstrăvii înaintează în susul apei spre izvoare unde femelele depun circa 200—1 500 icre cu diametrul de 4—5 mm şi de culoare alb-portocalie, într-o scobitură făcută în prundişul nisipos, peste care masculii depun laptii. După fecundare icrele sînt acoperite cu nisip şi lăsate pentru eclozare. În epoca de reproducere perechile nu se hrănesc. În captivitate nu depun ponta. În acest caz se face o operaţie de fecundare artificială. Larvele au la eclozare 2—5,5 mm lungime şi posedă un sac vitelin ce se resoarbe în 20 de zile.

Păstrăvul de lac (*Salmo trutta labrax m. lacustris*). Are talia mai mare (50—100 cm) decît păstrăvul de munte, iar în greutate poate atinge pînă la 30 kg (media 10—15 kg). Are capul trunchiat şi dinţi pe vomer, culoarea albastră-verzuie pe spate şi argintie pe flancuri. Petele sînt de culoare neagră şi dispuse în formă de X. Trăieşte în lacuri dar se reproduce în rîuri şi pîraie de munte. Durata de dezvoltare a ouălor este între 180—200 de zile. Hrana preferată este constituită din larve de *Perla* şi crustacei. Are longevitate mare şi este răspîndit din Scandinavia pînă în Caucaz. La noi este prezent în Lacul Roşu şi Gîlcescu din Parîng.

Păstrăvul curcubeu (american) (*Salmo trutta irideus* var. *shasta*, Jordan, 1894). Are talia mijlocie (de 25—35 cm, maximum 90 cm) şi greutatea între 0,600—1,600 kg (rar pînă la 6 kg). Este un hibrid rezultat din încrucişarea lui *Salmo iridieus* şi *Salmo Shasta*. Corpul este mai turtit lateral, posedă solzi mari, spini pe primul arc branchial. Lateral are o dungă de culoare roz-sidefie. Este mai puţin pretenţios faţă de condiţiile de mediu şi creşte bine în condiţii artificiale, dirijate, dînd o producţie bună. În doi ani, hrănit artificial, atinge 1—2 kg. Maturitatea sexuală survine la 3—4 ani. Ponta are loc în lunile februarie-aprilie (2 000 icre/kg corp). La noi se cultivă în crescătoriile de la Beclean-Făgăraş, Vălenii de Munte, Slănic Moldova, Prejmer etc.

Fîntînelul *(Savelinus fontinalis* sin. *Salmo fontinalis).* Este o specie originară din Canada. Are coloraţia verde-închisă, uşor măslinie, cu dungi serpentiforme închise la culoare pe spate. Flancurile sînt de culoare deschisă cu puncte roşii, înconjurate de o zonă albastră.

Lostriţa *(Hucho hucho* sin. *Salmo hucho).* Este cel mai mare salmonid de la noi din ţară. Talia medie este de 1—1,5 m, iar greutatea de 5—10 kg; în mod excepţional s-au prins şi exemplare peste 30 kg. Are corpul cilindric, capul alungit şi turtit dorsoventral. Posedă dinţi pe vomer şi pe marginea limbii. Coloraţia este brună-verzuie pe spate şi argintie pe flancuri. Este o formă endemică, pe cale de dispariţie, a bazinului dunărean. La noi se mai găseşte în Tisa, bazinul Vişeului şi în Bistriţa. Reproducerea are loc în aprilie-mai şi se depun circa 200 icre/kg corp. Puietul creşte repede, astfel că toamna atinge 12—15 cm lungime. Se încearcă creşterea sa artificială la crescătoria Ceahlău.

Organizarea păstrăvăriilor necesită lucrări importante şi adesea costisitoare. O crescătorie sistematică de salmonide cere o incintă acoperită prevăzută cu compartimente pentru pregătirea hranei, puierniţă şi o serie de bazine descoperite din beton. Bazinele sînt separate: pentru creştere, îngrăşare şi iernat. Dimensiunile diferă după scop. De asemenea, reproducătorii se separă din timp pe perechi. Amenajarea trebuie să posede spaţii umbrite, iar amplasarea se face în zone de munte cu pîraie limpezi şi necontaminate cu deşeuri de fabricaţie de la întreprinderile de prelucrarea lemnului sau alte instalaţii. Apa trebuie să aibă un conţinut redus în săruri minerale (apele feruginoase sau sulfatate nu corespund).

Hrana naturală este cea mai potrivită. Aceasta, însă, nu poate satisface necesarul unei populaţii aglomerate în bazine. De aceea, se foloseşte hrană „artificială" provenită de la abatoare (ficat, splină) care, după o prelucrare prealabilă, se administrează în bazine. Se pot creşte în acest scop şi unele specii de *Gammarus.* Puietul, după resorbţia sacului vitelin, se hrăneşte cu gălbenuş de ou şi cu alte preparate speciale. Munca în păstrăvării trebuie desfăşurată după un program riguros în cadrul căruia, în afară de hrănirea ritmică, se controlează zilnic starea sanitară a populaţiei, temperatura şi gradul de limpezime al apei. În perioada de gestaţie trebuie avută o grijă deosebită faţă de puiet şi de icre.

Producţia unei salmoniculturi artificiale poate fi diminuată şi chiar compromisă de o serie de dăunători şi boli care afectează populaţia din crescătorie (ciuperci, bacterii, viruşi şi diverşi răpitori care pot pătrunde în incinta amenajată). Cauza instalării diverselor boli se datorează fie lipsei condiţiilor de igienă, fie hrănirii sau aglomerării populaţiei în bazine, fapt care duce la scăderea rezistenţei faţă de agenţii patogeni.

Saprolegnia (mucegaiul apelor) este o boală cauzată de ciuperca cu acelaşi nume. Sporii şi hifele sînt răspîndiţi pe materialele din apă: frunze, lemn, cadavre. Atacă mai ales exemplarele cu leziuni rezultate în urma manipulării neatente. Sporii aderă de suprafeţele fără solzi şi, după o scurtă perioadă, cuprind tot corpul într-o împletitură de hife. Animalul atacat înoată greu (fapt care contribuie la identificare). Sînt atacate şi icrele din dispozitivele de clocire.

Combaterea trebuie efectuată imediat şi radical. Exemplarele bolnave vor fi separate iar icrele atacate scoase din clocitorie. Dacă atacul este

mai extins, icrele se introduc timp de 30 minute într-o baie cu soluție de NaCl în concentrație de 3—5%. Puietul se tratează în același mod. Adulții atacați se spală prin introducerea într-o baie de $KMnO_4$ 1 g/l unde se țin 30 de minute. Pentru 5 kg de pește se utilizează 100 l soluție. Separarea din timp a exemplarelor cu leziuni și menținerea unei igiene corespunzătoare reduc mult din pericolul de infestare.

Furunculoza păstrăvilor este o boală provocată de *Bacterium salmonicola*. Boala se manifestă prin niște umflături care apar pe corp și au mărimea unui bob de mazăre. Acestea sînt pline de puroi. Prin ruperea tegumentului se formează plăgi. Moartea survine în decurs de 10—12 zile, prin septicemie. Combaterea este radicală. Exemplarele bolnave se îngroapă adînc și se stropesc cu var, sau se ard. Bazinul contaminat se spală cu $KMnO_4$ sau se lasă fără apă un timp pentru a fi supuse acțiunii razelor solare. Suprapopularea bazinelor favorizează apariția bolii.

Mai provoacă boli și ciuperca *Ichtyophonus hofferi* ca și infuzorul *Ichtyophtirius multifilis*. Prima specie atacă organele interne iar a doua, tegumentul. Înnoirea neregulată a apei este una din cauzele îmbolnăvirilor. Păstrăvul se mai îmbolnăvește de *costiază (Costia necatrix), hidropizie,* adică umflarea exagerată a sacului vitelin care apasă asupra inimii și provoacă moartea puietului. Aduc daune, mai ales în rîuri, braconajul, pescuitul nerațional, ca și o serie de mamifere (vidra, șobolanul cu bot ascuțit și altele) care vînează pești din apa rîurilor de munte.

CIPRINICULTURA

Creșterea artificială a peștilor din familia *Cyprinidae* are o veche tradiție în Extremul Orient și o largă extindere atît la noi cît și în o serie de alte țări din zona temperată. Cel mai frecvent se cultivă crapul, dar adesea alături de acesta mai apar în bazine și alte forme (linul, carasul etc.).

Crapul *(Cyprinus carpio* var. *typica).* Este *crapul de crescătorie* propriu-zis. Alături de acesta, astăzi, se cresc și o serie de varietăți sau rase apărute prin încrucișare și selecție. Așa este *crapul-oglindă* și *crapul-golaș.*

Crapul comun are corpul turtit lateral, iar dimensiunile medii variază cu vîrsta. Maximum de lungime este de aproximativ 1 m iar de greutate pînă la 30 kg. Colorația depinde de mediu: în bălți are culoare închisă, iar în rîuri prezintă nuanțe aurii; spatele este negricios cu reflexe verzui, rar albăstrui. Dimorfismul sexual este puțin evident. Masculii sînt ceva mai mici și au puncte albe pe cap, în perioada de împerechere. Habitatul îl constituie apele de deal și cîmpie, cu curgere foarte înceată și stătătoare. Este întîlnit adesea și în apele salmastre ca Lacul Razelm, din țara noastră, Lacul Aral și Marea Caspică (U.R.S.S.). Exemplarele prinse de curentul fluvial și antrenate în mări cu salinitate obișnuită (35 g/l) orbesc și nu supraviețuiesc mult timp.

Reproducerea are loc primăvara cînd temperatura apei este cuprinsă între 15 și 18°C. Maturitatea sexuală a masculilor se atinge la vîrsta de

3 ani, iar a femelelor la 4 ani. Extractele glandulare administrate artificial grăbesc maturarea gonadelor. Icrele sînt depuse pe ierburi subacvatice. Femela depune pînă la 140 000 icre/kg corp, fiecare icră în diametru de 1,4 mm. Depunerea se efectuează dimineața, în serii. La temperatura de 20°C incubarea durează 4—6 zile. Larvele, avînd aproximativ 4,5 mm lungime, sînt imobile la început și posedă sac vitelin. După epuizarea rezervelor de vitelus se hrănesc cu plancton. Îndepărtarea puieților de la locul de ecloziune se face după atingerea lungimii de 2—3 cm.

Crapul utilizează atît hrană vegetală, cît și animală. Ea constă din plancton, alge, larve de insecte și chiar detritus de pe fund. Longevitatea este considerată a fi de 150 ani însă, după G. V. Nicolski, limita de vîrstă este de 30 de ani. Creșterea rapidă se face numai în primii doi ani. Aria de răspîndire a crapului comun este largă (Europa și China orientală) iar în crescătorii se întîlnește pe toate continentele, mai puțin în America de Sud, Africa și Australia. Carnea este gustoasă și de calitate. Posibilitățile mari de valorificare a unor deșeuri vegetale provenite din industrializarea unor semințe, resturi de la treierat etc. face extrem de rentabilă cultura acestei specii. De asemenea, prin amenajări puțin costisitoare și folosind terenuri care de obicei sînt improprii pentru agricultură, se poate obține în timp relativ scurt o cantitate mare de pește. Puietul se pretează la transport, pentru repopulări și populări de bazine.

În cultura ciprinidelor se utilizează două tipuri principale de amenajări: *a) amenajările intensive*, prevăzute cu bazine de creștere, îngrășare și reproducere; *b) amenajările semiintensive*, prevăzute cu eleștee numai pentru creștere, deci reproducerea nu se face aici ci se aduce puietul de la alte crescătorii. Pentru iernare se folosesc bazine speciale, ceva mai adînci. Creșterea simplă în eleștee amenajate rudimentar nu este rentabilă din punct de vedere economic, deși se mai practică încă. La noi există multe amenajări pentru creșterea crapului în aproape toate zonele țării (Cefa, Nucet etc.). Amenajarea completă a sectorului dunărean presupune mai ales creșterea crapului, pește rentabil și bine adaptat condițiilor dunărene.

Productivitatea în crescătorii depinde de o serie de factori între care cei mai importanți sînt modul de hrănire, amenajarea corespunzătoare a bazinelor, alegerea celor mai buni reproducători, respectarea măsurilor de igienă în bazine și schimbarea periodică a apei. Randamentul depinde și de indicele planctonic. Cu cît acesta este mai mare, cu atît și producția este mai mare. Valorificarea cea mai rentabilă se face la doi ani.

Indicele planctonic	Producția de crap
cm^3/m^3	kg/ha
25	400
15—20	300
8—15	100
5—8	50

Hrănirea în crescătorii se face atît cu hrană naturală, cît și cu adaus de hrană artificială. Planctonul, fiind hrana naturală, joacă cel mai important rol.

În crescătorii este important pentru creșterea producției adausul de hrană artificială, care face posibilă creșterea densității populației pe unitatea de suprafață. În eleșteele naturale adausul de hrană nu este rentabil. Necesarul în hrană crește cu vîrsta; în același timp, valorificarea cu maximum de randament al acesteia este tot în funcție de vîrstă. Din tabelul 18 se poate constata creșterea substanțială în greutate a peștilor hrăniți prin adaus de hrană în raport de cei nutriți numai cu resursele naturale din bazin. Crapul valorifică mult mai bine hrana artificială administrată, decît alte animale de crescătorie (tab. 19).

Tabelul 18

Creșterea în greutate a crapului din eleștele, cu și fără adaus de hrană artificială

Vîrsta:	Greutatea (g):	
	fără hrană artificială	cu adaus de hrană
o vară	20	25—58
2 veri	120	300—500
3 veri	700	800—1 000
4 veri	1 000	1 500—2 000

Tabelul 19

Cantitățile de hrană necesare pentru creșterea în greutate cu un kg la diverse specii de animale utile

Felul hranei:	Necesarul de hrană în kg, pentru un spor de 1 kg la:		
	crap	bovine	porcine
mazăre	4,5	8,3	5,75
lupin	5,0	10,0	6,75
făină de sînge	1,5	8,1	5,40
făină de pește	2,0	9,2	6,10
șroturi de floarea-soarelui	4,5	9,5	6,25

O valorificare atît de bună a resurselor alimentare administrate artificial se explică prin nevoile energetice relativ reduse, consumul energetic pentru întreținerea metabolismului și al mișcării fiind mic. Rațiile alimentare în crescătorii, atît cantitativ cît și calitativ, diferă după vîrstă. La crapul de o vară se administrează un amestec format din resturi de la abatoare (45%), uruială de legume (20%), uruială de cereale (30%) și săruri minerale (5%). La crapul de trei veri hrana constă în adaus de uruială de porumb sau diverse șroturi în proporție de 80% și săruri minerale 20%. Administrarea hranei se face la aceleași ore din zi și în locuri special amenajate („mese").

Mai puțin sensibili decît păstrăvul și mai puțin pretențios, crapul are totuși o serie de dușmani care pot provoca pagube mari în crescătorii mergînd, dacă nu se iau măsuri corespunzătoare, pînă la compromiterea totală a producției. Cele mai mari daune sînt produse de către infuzori, bacterii și ciuperci.

Chilodoniaza ciprinidelor este o boală provocată de infuzorul *Chilodon cyprini,* care se localizează pe tegument. Agentul patogen se hrănește cu mucusul tegumentar, care se produce continuu, iar animalul slăbește, putînd fi atacat de alte boli. Se combate prin băi cu soluție de NaCl 2,5%. Bazinul se golește și se dezinfectează cu var nestins (2 500 kg/ha).

Tricodinioza ciprinidelor este provocată de infuzorul *Trichodon daumerguei* iar *ichtioftiriaza* de *Ichtyophtirius multifilis* (tot infuzor). Ambii atacă tegumentul. La prevenirea și combaterea bolii se are în vedere atît agentul patogen cît și bazinul, procedîndu-se în modul descris mai sus.

Variola crapului este o boală răspîndită în eleșteele prost întreținute și suprapopulate. Boala se manifestă prin apariția de pete închise la culoare pe cap și pe aripioare și care se extinde pe tot corpul. Se impune secarea eleșteului și tratarea lui cu var nestins.

Pesta roșie a ciprinidelor este provocată de *Bacillus cyprinedea* și se manifestă prin apariția unei colorații roșii pe abdomen și pe laturile corpului. Exemplarele atacate înoată greu. Boala este frecventă în eleșteele murdare, cu apă bogată în substanțe organice, mai ales în stare de putrefacție. Mai frecvent apare în iernile umede și puțin reci.

Hidropizia infecțioasă este provocată de *Pseudomonas punctatus* care se localizează pe intestin și ficat, provocînd moartea în masă a peștilor, prin rapida extindere a bolii și rapiditatea atacului. Abdomenul se umflă și se umple cu lichid. Combaterea trebuie făcută imediat și radical.

Micoze. Dintre ciuperci produc daune *Saprolegnia* și *Branchiomyces,* ultima provocînd putrezirea branhiilor. Combaterea bolilor provocate de ciuperci se face prin desecarea bazinului și tratarea peștilor bolnavi cu diverse soluții dezinfectante. Profilaxia este cea mai adecvată metodă pentru prevenirea daunelor provocate de diverșii agenți patogeni.

Schimbarea bruscă a temperaturii, de exemplu cu un salt de 8°C, declanșează așa-zisa „răceală" a crapului, care provoacă moartea în masă a peștilor. Fenomenul se produce mai ales la transportul peștilor dintr-o zonă în alta, la diferențe mari de temperatură. Mai produc daune diverse mamifere și păsări care se hrănesc cu puiet de crap.

CREȘTEREA STURIONILOR

Este o problemă deosebit de actuală. La noi se fac încercări în Deltă, iar în U.R.S.S. în delta fluviului Volga. (Japonia este destul de avansată în acest domeniu, reușind să cultive unele forme siberiene și să obțină maximum de greutate în decurs de doi ani). Se urmărește, de asemenea, obținerea de icre negre, produs alimentar foarte căutat pe piața mondială.

În apele din țara noastră trăiesc șase specii:

Huso huso (morunul). Poate depăși 5 m lungime și, excepțional, 1 000 kg greutate. Este cea mai mare specie de sturioni de la noi. Obișnuit se prind exemplare de circa 100—150 kg (în anul 1890 a fost pescuit la noi în Deltă un exemplar de 888 kg avînd 600 kg carne și 127 kg icre). Trăiește obișnuit în mare, atinge vîrste mari (70—80 ani) și este migrator în apele dulci, iar la iernat se adună în grupuri pe fundurile adînci de 50—60 m ale Mării Negre. Icrele le depune în lunile aprilie-mai în Dunăre, la adîncime, pe fundul nisipos și pietros. Maturitatea sexuală intervine la 12—14 ani. Dă hibrizi cu nisetrul, păstruga și viza. Este specie carnivoră; se hrănește cu pești, crustacei și moluște *(Modiola)*. Aria de răspîndire este Marea Neagră, Marea de Azov, Marea Caspică și fluviile care se varsă aici. În Amur trăiește *Huso dauricus*.

Viza *(Acipenser glaber)*. Trăiește în Dunăre și la vărsarea ei. Reproducerea se face în lunile aprilie-mai și depune icrele în nisip, în apele repezi. Depășește rar greutatea de 30 kg.

Cega *(Acipenser ruthenus)*. Ajunge la o greutate medie de 8—10 kg și trăiește numai în Dunăre, întîmplător ajungînd în mare. Reproducerea are loc în lunile aprilie-mai, cînd cega îmbracă „haina nupțială". Depune icrele în Dunăre, la adîncimi de 8—20 m și la curent puternic. Se încrucișează cu viza, morunul, păstruga și nisetrul.

Nisetrul *(Acipenser güldenstaedti)*. Are o greutate medie între 12—15 kg, foarte rar în jurul a 100 kg. Trăiește în mare și urcă în Dunăre pentru depunerea icrelor pînă la Porțile de Fier. Maturitatea sexuală are loc la 12 ani — masculul și la 15 ani — femela.

Șipul *(Acipenser sturio)*. Ajunge la o greutate de 20 kg și depune icrele pe bancurile de nisip submerse de la gurile Dunării. Este răspîndit și în zona Atlanticului de Nord.

Păstruga *(Acipenser stellatus)*. Atinge în greutate 5—18 kg, foarte rar 60 kg. Este specie migratoare. Trăiește în mare dar urcă pînă în Mureș. Se reproduce la sfîrșitul lunii iunie. Hrana este constituită din diverse forme bentonice, de tip relict.

Vom arăta, pe scurt, unele aspecte privind condițiile de creștere a acestor pești extrem de valoroși pentru carnea lor gustoasă și a icrelor negre. Posibilitatea obținerii de hibrizi este un mare avantaj pentru creșterea lor în viitor. Sînt și unele greutăți: puietul se crește greu cu hrană artificială, iar reproducătorii pentru fecundarea artificială trebuie pescuiți din Dunăre. Desigur, numai experimentarea științifică va putea rezolva problemele legate de creșterea dirijată a acestor valoroși pești pe cale de dispariție.

Dintre sturionii apelor din țara noastră morunul, nisetrul, șipul și păstruga trăiesc în Marea Neagră și migrează în Dunăre pentru depunerea icrelor. Complet dulcicole sînt numai cega și viza pe care le întîlnim în Dunăre, Mureș, Someș și în alte rîuri.

Obiectivul principal al culturii sturionilor îl constituie refacerea rezervelor și chiar mărirea lor, în măsura în care efectivul lor scade în mare, în urma barajelor efectuate pe fluvii și, pe cît o permite, asigurarea hranei existente în mod normal în Dunăre. Creșterea se face în bazine întinse și în bazine cu curent circular, în care se obține maturizarea reproducătorilor, fecundarea artificială, incubația icrelor, creșterea „lar-

velor" și a puilor. Aceștia din urmă sînt apoi transferați în Dunăre. La noi în țară astfel de instalații pentru creșterea sturionilor se găsesc în Deltă la Litcov, la Gura Gîrluței în insula Brăilei, la gura canalului Saltava din insula Borcea și pe Dunăre la Cetate (kilometrul 812).

Reproducătorii se capturează cu ajutorul avelor și a setcilor, pentru a nu fi răniți. Se păstrează în bazine cu curent puternic de apă și bine oxigenate, la temperaturi între 12 și 17°C. Injectarea cu hormoni hipofizari accelerează maturația sexuală. Fecundația artificială se efectuează după „mulgerea" reproducătorilor și se face fie prin *metoda uscată*, fie prin cea *combinată* (uscată, plus umedă), cu descleierea, prin spălare cu apă în care este o suspensie fină de nămol, a icrelor fecundate. Incubația are loc în incubatoare de formă rotundă, în curent puternic de apă curată și bine oxigenată. După 24 de ore de la ecloziune, „larvele" sînt transportate în bazine de creștere, care sînt rotunde și de suprafață mică. După 15—17 zile „larvele" se transformă în puiet, care este transferat în eleștee de creștere cu adîncimi mai mari de 1,5 m.

Hrana „larvelor" se completează cu microzooplancton alcătuit din dafnii, oligochete, miside și larve de *Artemia salina*, sau cu diferite insecte. Acestea se obțin de obicei în culturi separate și se adaugă zilnic după nevoie în bazinele sau eleșteele de creștere. Pe fundul acestora, de consistență argiloasă-nisipoasă, se dezvoltă o faună bentonică bogată care asigură o dezvoltare rapidă a puilor. Cînd greutatea acestora ajunge la 20—50 g, se transferă în fluviu.

Intensificarea culturii sturionilor în regiunea inferioară a Dunării este astăzi cu atît mai necesară, cu cît barajele hidrocentralelor sînt un obstacol în migrația lor spre locurile de reproducere. La Cetate (km 812) s-a realizat o crescătorie mixtă de cegă și crap (nu se concurează la hrană) care transferă aproape 600 000 pui de cegă pe an și în greutate de 10 g în lacul de acumulare de la Porțile de Fier. Intensificarea creșterii trebuie grăbită în special în partea de jos a Dunării și în Deltă, pentru a se asigura un fond constant de sturioni atît pentru Marea Neagră cît și pentru sectorul dunărean. (După datele puse la dispoziție de inginer Octavian Gheracopol din Galați.)

Partea a treia

OCEANOLOGIA

Capitolul XI

CADRUL GEOLOGIC ŞI GEOGRAFIC

GEOGRAFIA OCEANELOR ŞI MĂRILOR

Mările şi oceanele lumii ocupă o suprafaţă de 370 800 000 km², reprezentînd 71% din suprafaţa globului. Ele au mai fost denumite „al şaselea continent" sau „continentul albastru" al Pămîntului, cel mai întins şi mai necunoscut. Apele continentului albastru sînt alcătuite din patru oceane: Pacific, Atlantic, Indian şi Îngheţat de Nord, fiecare incluzînd în suprafaţa sa şi o serie de mări (fig. 132).

Adîncimea medie a tuturor apelor oceanice este de 3 800 m, iar volumul total de 1 380 000 000 km³, pe cînd a uscatului emers este de-abia de 100 000 000 km³. Volumul apelor este, deci, de aproximativ 14 ori mai mare decît al uscatului (fig. 131).

Între oceane şi mări există numai o deosebire de mărime geografică. (tab. 20). Atît unele cît şi altele conţin „apă de mare", adică o apă avînd dizolvate în medie 35—36 g săruri la litrul de apă. Acest conţinut conferă oceanelor şi mărilor o trăsătură comună, de aceea sub numele de *mediu marin* vom înţelege atît apa oceanelor cît şi cea a mărilor.

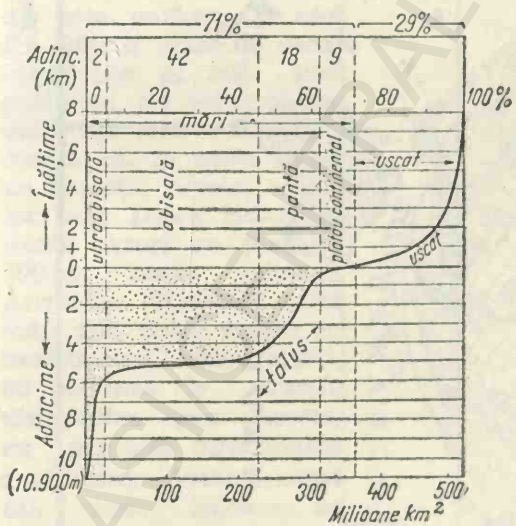


Fig. 131. Raportul dintre uscat şi apă, în procente şi km² (după M e i n a r d u s).

Repartiţia actuală a suprafeţelor uscatului şi apelor marine este alta decît aceea din erele îndepărtate. În paleozoic, uscatul forma un singur bloc care, în decursul timpurilor, s-a fragmentat, dînd naştere continentelor de astăzi. Acestea, conform unor relaţii matematice, se situează în cele cinci colţuri ale tetraedului a cărui axă sudică se găseşte în Antarctica, iar în planurile tetraedrului se situează oceanele (fig. 133). Această teorie, formulată de către H. W e g e n e r (1915) ne explică şi diversificarea treptată a formelor vegetale şi animale, cît şi izolarea unor forme în anumite continente, care s-au separat mai devreme de celelalte.

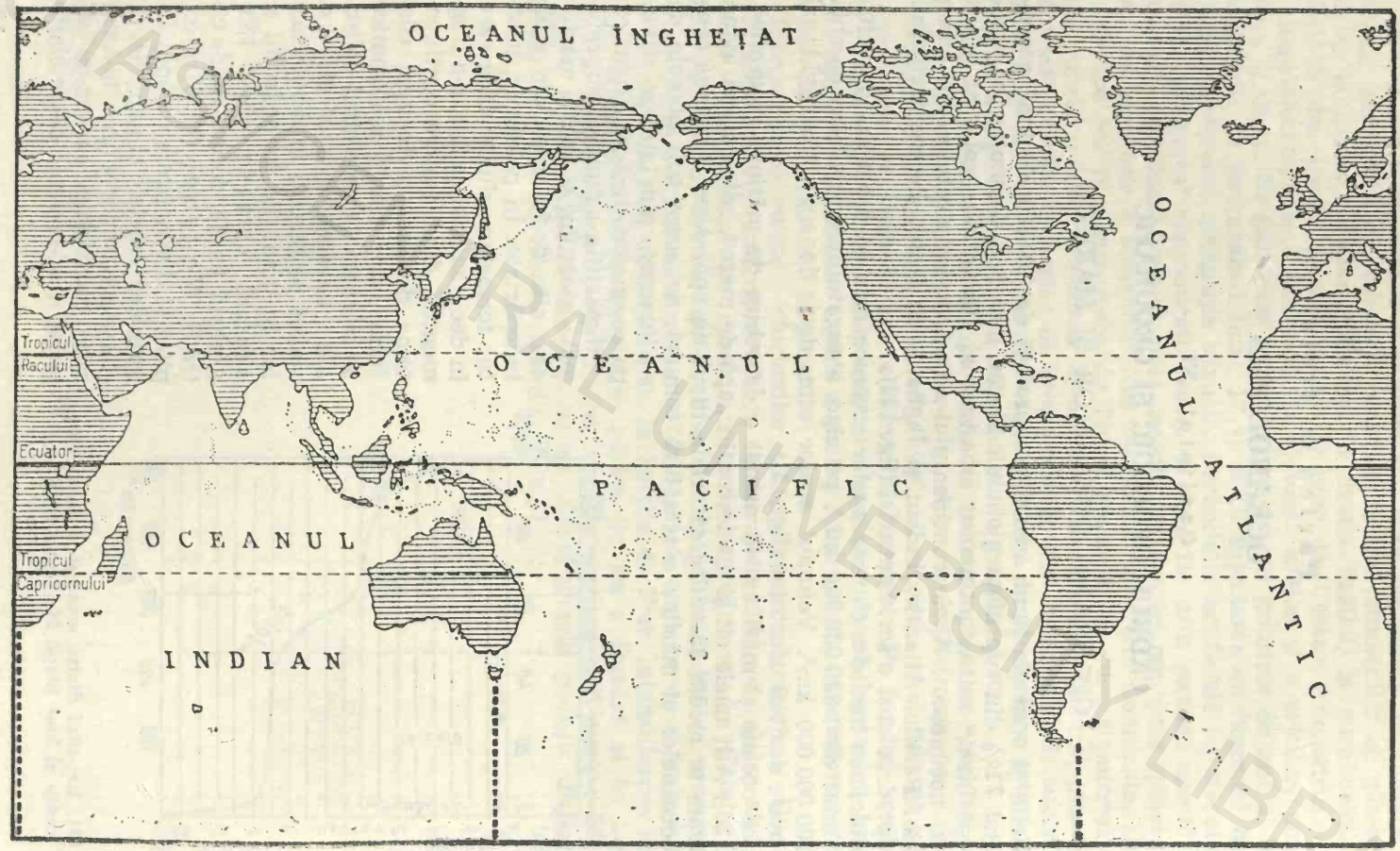


Fig. 132. Oceanele lumii.

Tabelul 20

Date generale cu privire la oceanele și mările planetei

Oceanul	Suprafața totală km²	Adîncimea în m:		Denumirea mărilor anexe oceanului
		medie	maximă	
Pacific (și mările aferente)	179 680 000 (18 702)	4 028	11 500	Behring, Ohoțk, Galbenă, Japoniei, de coralieri etc.
Atlantic (și mările aferente)	93 100 000 (6 661)	3 650	9 218	Mediterană, Neagră, Baltică, Nordului, Caraibelor etc.
Indian (și mările aferente)	74 920 000 (4 735)	3 897	7 450	Arabiei, Andamană, Roșie
Înghețat de Nord (și mările aferente)	13 100 000 (7 575)	1 205	5 220	Barenț, Groenlandei, Norvegiei, Lapteev, Albă

Analiza dispoziției tetraedrice a uscatului și apelor evidențiază faptul că, în 19 din 20 cazuri, la antipodul uscatului se găsește apă. Totodată, se poate delimita o emisferă în care majoritatea suprafețelor o reprezintă uscatul și o altă emisferă în care predomină suprafețele acoperite de ape.

Nivelul apelor marine nu este uniform și nici fix. Marile mase de uscat atrag apa cu atît mai mult, cu cît volumul lor este mai mare. Se evaluează că, în urma acestei atracții, nivelul mărilor s-ar putea ridica în unele cazuri cu pînă la 100 m peste valoarea normală. Nivelul unei mări mai poate crește cu modificarea temperaturii, cu acțiunea de atracție din partea unor planete, cu acțiunea direcțională a vîntului. Adesea, acest din urmă fenomen se poate observa la Agigea. Cînd vîntul bate dinspre țărm spre mare, se pot

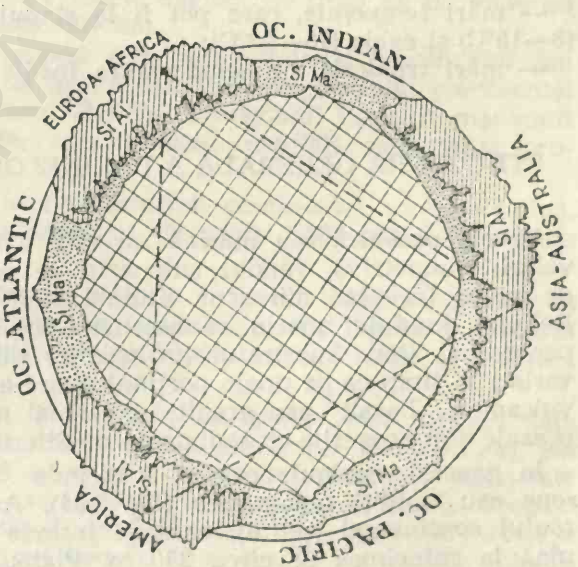


Fig. 133. Tetraedrul Wegener.

observa stîncile dezgolite pînă departe spre larg; cînd direcția vîntului se schimbă dinspre mare spre uscat, stîncile sînt acoperite de apă. În general, cauzele locale pot provoca variații de nivel de 1 m. Din această cauză, nivelul 0 (zero) al diferitelor hărți nu este același. Astfel, francezii iau drept nivel 0 nivelul minim al mareelor; englezii și germanii — nivelul maxim al mareelor; americanii — nivelul mediul al mareelor.

Pe bază de considerente topografice, întinderile de apă oceanice se subdivid în două mari categorii, și anume: *oceane* și *mări*.

Oceanele se definesc, din acest punct de vedere, ca *întinderi foarte mari de apă, cu circulație largă, mărginite de mai multe continente.*

Mările, dimpotrivă, sînt *întinderi relativ reduse de apă, avînd sau nu comunicare directă cu oceanul, și sînt mărginite de unul sau mai multe continente.* Mările, la rîndul lor, se împart în mai multe categorii, după așezare:

— mări *de coastă* sau *litorale* (M. Arabiei, M. Chinei);
— mări *mediterane,* situate între două sau trei continente (M. Mediterană, M. Roșie, M. Caraibilor);
— mări *interioare* (M. Baltică, M. Neagră);
— mări *închise* (M. Caspică).

Deși repartizarea pe astfel de grupe este arbitrară, totuși marea se caracterizează printr-o circulație limitată cu apele oceanului, prin asemănări de salinitate și de temperatură cu apele oceanului de care este legată, dar, în general, cu o temperatură medie ceva mai ridicată. Fluctuațiile de temperatură fiind mai largi în mări decît în apa oceanului la aceeași latitudine, mediteranele se caracterizează și prin prezența curenților de sens opus, dinspre ocean spre mare și invers.

În raport de temperatura medie, se disting:
— mări *polare,* cele care au temperatura medie anuală sub 5°C;
— mări *subpolare,* avînd temperatura sub 10°C;
— mări *temperate,* care pot fi la rîndul lor de două categorii: *reci* (8—15°C) și calde (15—23°C);
— mări *tropicale,* cu temperatura medie anuală peste 23°C.

STRUCTURA GENERALĂ A BAZINELOR MARINE ȘI OCEANICE

Cuveta oceanică sau marină nu este o suprafață netedă, fără denivelări; dimpotrivă, fundul submarin se caracterizează prin accidente de teren, începînd din zona litorală pînă la cele mai mari adîncimi. Relieful fundului marin se aseamănă cu cel al deșerturilor, dar cu pante mai line. Substratul geologic al diferitelor bazine este foarte variat; în timp ce pe unele porțiuni apare evidentă roca dură, de natură vulcanică, bazalt sau granit, cele mai mari suprafețe ale fundului oceanic sînt acoperite cu sedimente de diferite tipuri.

În general, bazinul oceanic cuprinde în profilul său mai multe **zone sau unități topografice** (fig. 134). Astfel, se distinge *zona platoului continental* (șelful), care se întinde de la nivelul zero al apei pînă la adîncimea de circa 200 m. Platoul continental corespunde cu așa-numita *zonă neritică* și este acoperit de ceea ce se numește *mare*

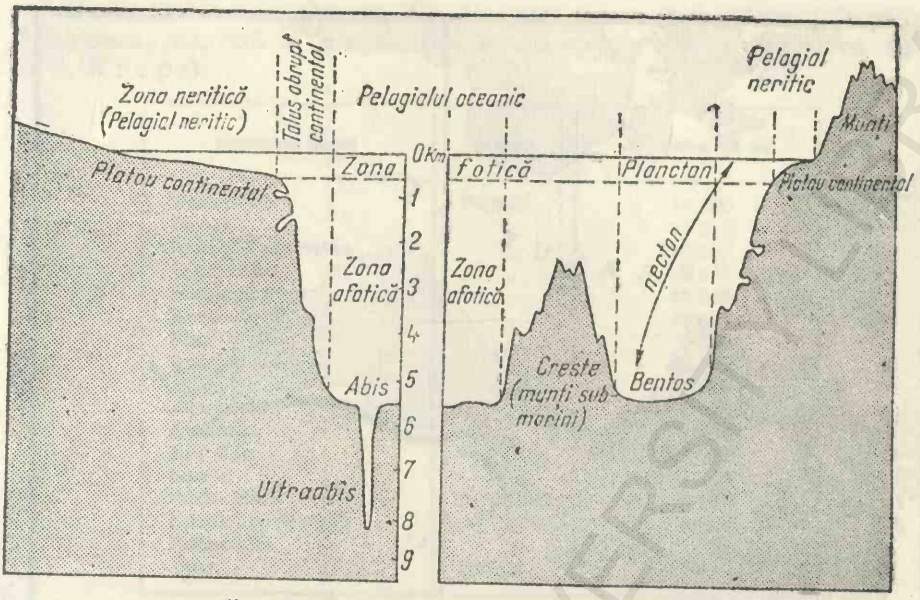


Fig. 134. Unitățile topografice ale oceanelor.

epicontinentală. Această porțiune de ape continentale se caracterizează printr-o dinamică deosebită, prin varietatea mare a formelor de viață, cît și prin natura fundului acoperit mai ales cu sedimente terigene. Platoul continental reprezintă circa 9% din totalitatea suprafeței oceanului mondial. Lărgimea platoului continental variază mult în dreptul diferitelor mase continentale. În sectorul coastei apusene a Americii de Sud, platoul continental este foarte îngust, în timp ce în regiunea Terra Nova lățimea lui depășește 500 km.

Platoului continental îi urmează spre adînc *taluzul continental* sau *abruptul*, care se întinde de la limita inferioară a platoului continental pînă la 1 500—2 500 m adîncime. Relieful abruptului poate fi mai mult sau mai puțin accidentat, dar caracteristica esențială este panta pronunțată a acestuia.

Abisul sau *profundalul* continuă abruptul continental, cu pantă lină, dar treptat coborînd pînă la adîncimi de peste 8 000 metri în marile oceane.

Jgheaburile marine sînt gropile adînci, de peste 7 000 m, reduse ca suprafață. Cea mai adîncă prăpastie marină explorată pînă în prezent este cea situată în regiunea Insulelor Mariane din Pacific și măsoară 11 500 m (fig. 135).

Aceste gropi (sau *șanțuri ultraabisale*) se găsesc mai ales în fața locului de deplasare a continentelor (după teoria lui W e g e n e r), ele rezultînd dintr-o încrețitură a scoarței în urma presiunii exercitate de masa continentală în deplasare. Majoritatea lor se găsesc în Oceanul Pacific, unde masele continentale se deplasează în general spre centrul acestuia. Prezența acestor gropi denotă și un sediu de intense mișcări tectonice. În adîncimea marilor gropi oceanice există în general o faună

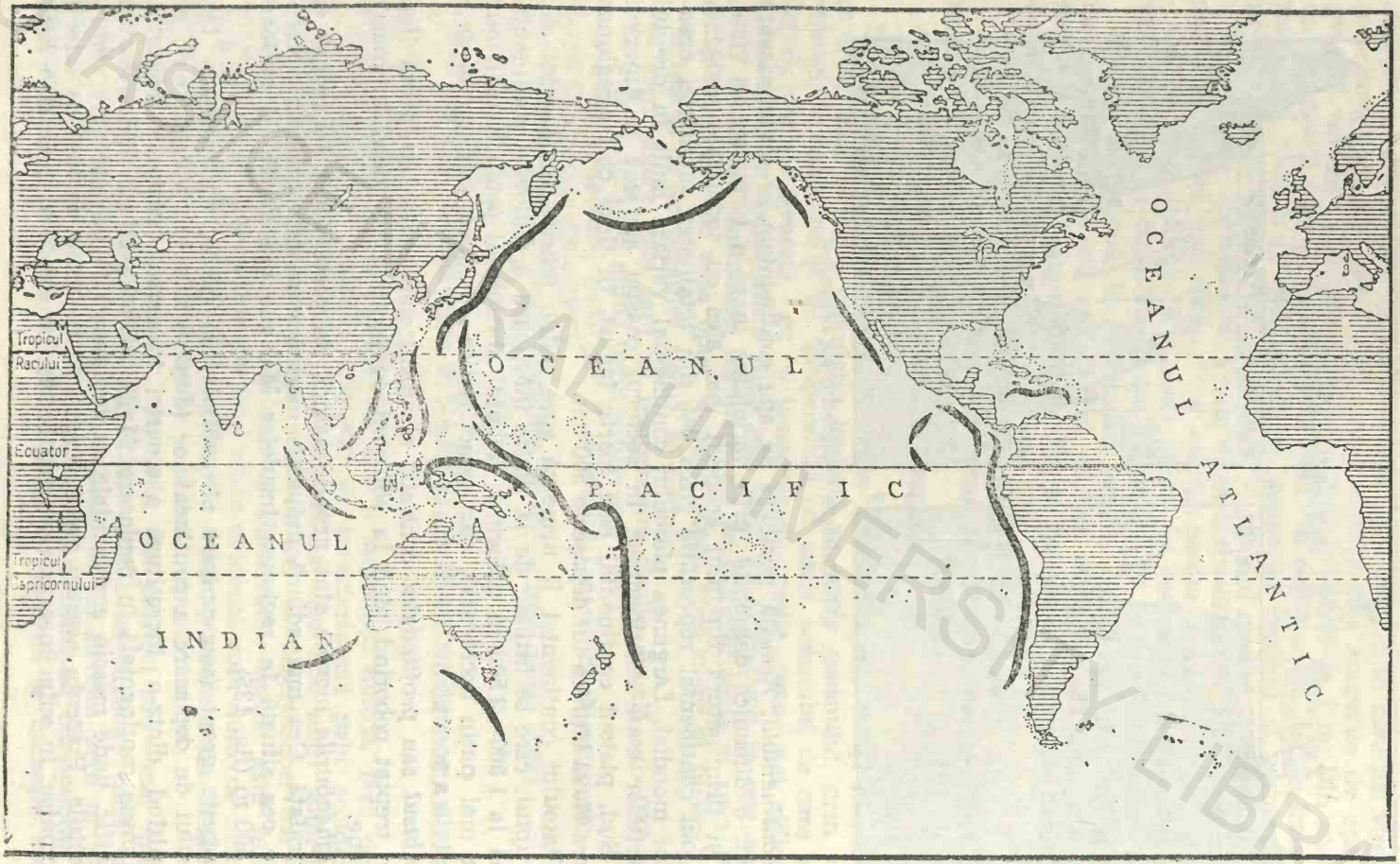


Fig. 135. Marile gropi ale oceanelor lumii.

relictă, unele forme rămase din timpurile erei secundare *(Neopilina)*. Adîncimea maximă a unora din aceste gropi este următoarea (după M. E. Kreps):

Denumirea gropii	Oceanul	Adîncimea (în m)
Marianelor	Pacific	10 960
Tonga	„	10 816
Kurile-Kamceatka	„	10 382
Japoneză	„	10 372
Filipinelor	„	10 265
Kermadec	„	10 002
Idzu Bonin	„	9 764
Bougainville	„	9 140
Palau	„	8 137
Aleutinelor	„	7 678
Atakama	„	7 634
Riu Kiu	„	7 507
Banda	„	7 260
Porto Rico	Atlantic	9 199
Sandwich de Sud	„	8 264
Romanchă	„	7 728
Jawa	Indian	7 450

O secţiune prin Oceanul Pacific în dreptul paralelei de 40°N (fig. 136) ne evidenţiază faptul că relieful submarin este accidentat. Pe fundul bazinului adînciturile alternează cu ridicături ce ating uneori peste 3 000 m. În Oceanul Atlantic, o dorsală se înalţă de la Sud spre Nord, împărţind oceanul în două porţiuni, una estică şi alta vestică, de

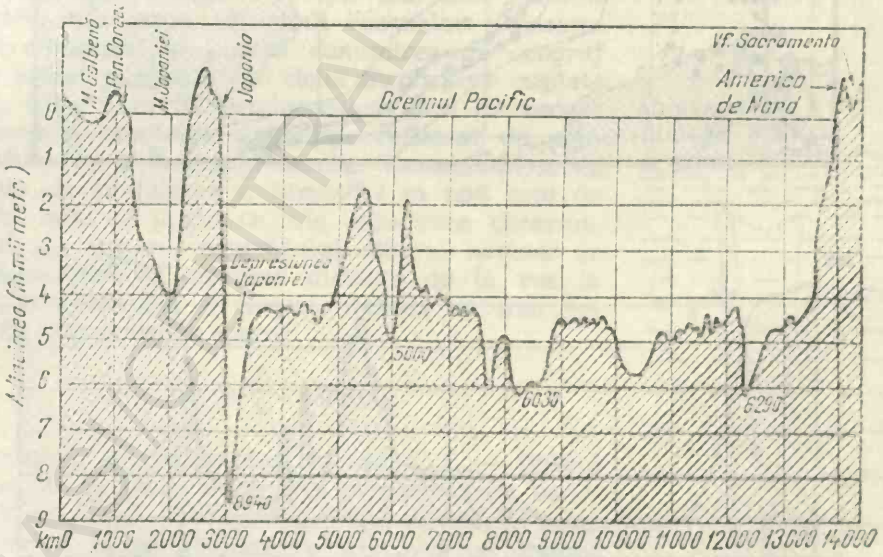


Fig. 136. Secţiune prin Oc. Pacific în dreptul paralelei 40° Nord.

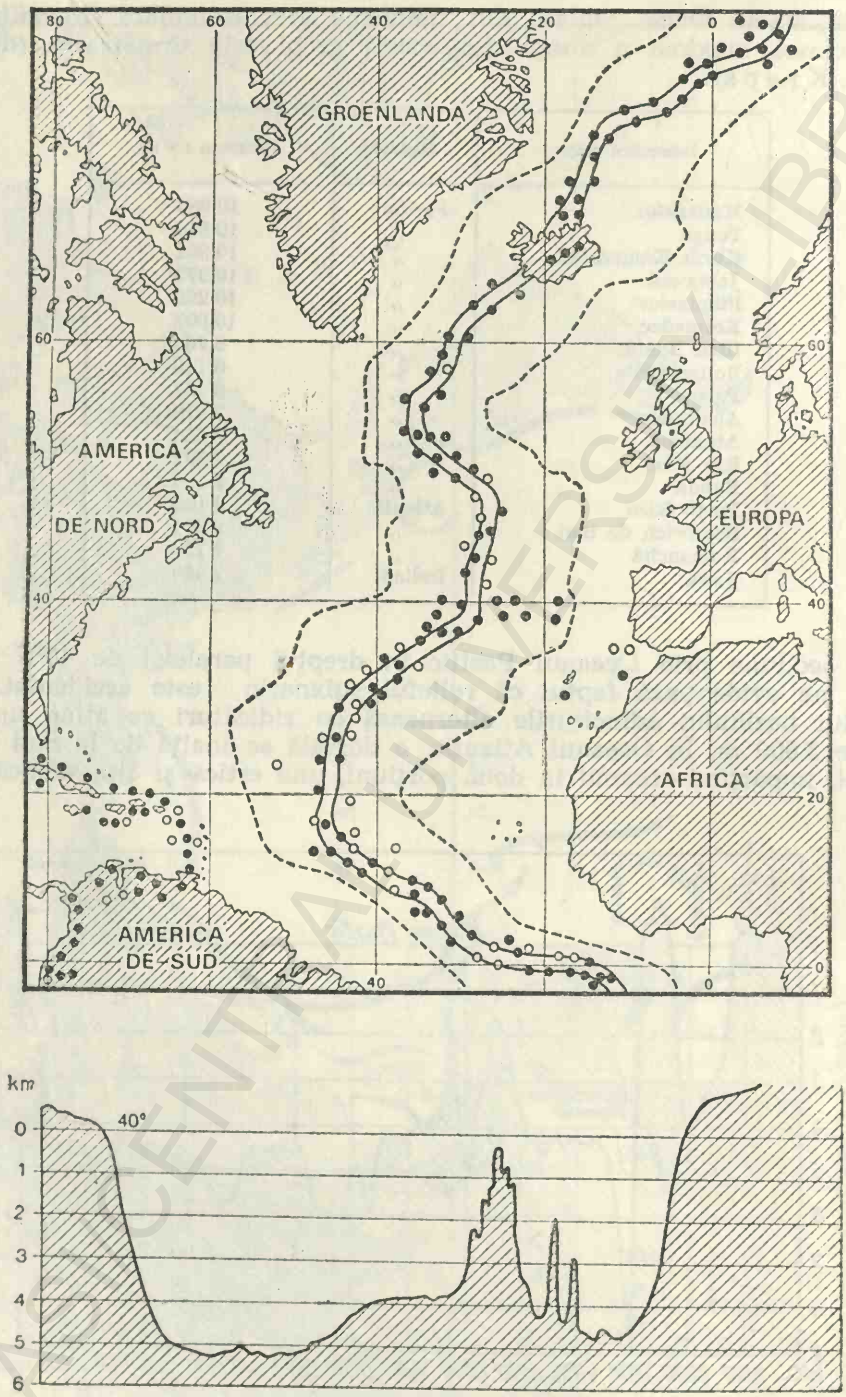


Fig. 137. Dorsala Atlanticului, cu punctele de însemnătate seismologică.

mare însemnătate pentru viața din acest bazin (fig. 137). În Oceanul Arctic, cercetătorii sovietici au evidențiat o continuare a acestei dorsale în lanțul muntos Lomonosov care, de asemenea, separă bazinul în două porțiuni (vezi fig. 149). Nici sectoarele mai puțin adînci din substratul dur al mărilor și oceanelor nu sînt lipsite de accidente; conuri vulcanice, adevărate stînci, grote sau văi etc. însoțesc suprafețele submerse ale oceanului planetar. Fluviile își continuă adesea talvegul adînc în mări și oceane. Fenomenele vulcanice, cît și cele de natură biologică (recifii), pot ridica sau coborî nivelul reliefului submarin.

În platforma solidă a marilor oceane (Pacific și Atlantic) au fost evidențiate și niște crăpături și falii a căror origine este pusă în legătură cu fenomenul de reînnoire a scoarței suboceanice, fenomen stabilit recent prin studii geodezice. În orice caz, pînă în prezent, natura acestor falii cît și numărul foselor marine sînt puțin cunoscute.

Măsurarea adîncimilor reale ale apelor oceanice și marine este o problemă dificilă. Dacă la început se utilizau frînghii groase de cînepă, astfel confecționate încît să învingă o anumită forță de frecare, ulterior, tocmai datorită creșterii cu adîncimea a forței de frecare, acestea au fost înlocuite cu cabluri de oțel. Datorită rezistenței mari a acestora (240 kg/100 m), cît și greutății proprii (16 kg/1 000 m), teoretic se puteau scufunda pînă la 15 000 m. Instalarea la bordul navelor de cercetare a unor astfel de cabluri manipulate cu vinciuri sau macarale, prevăzute cu comenzi electrice, a făcut posibilă explorarea de către cercetătorii de pe „Viteaz" a o serie de gropi din Oceanul Pacific. Măsurarea cu ajutorul cablurilor prezintă unele inconveniente, ca: deformări variabile, abatere de la verticală datorită curenților etc.

Tehnologia actuală folosește mai ales sunetul pentru măsurarea adîncimii oceanelor. Aparatul este complicat și poartă denumirea de *ecograf* sau *ecolot* și constă din două dispozitive cuplate (fig. 138), unul de producere și altul de recepționare a sunetului, care este reflectat de substratul dur al fundului marin. Cunoscîndu-se că viteza de propagare a sunetului în apă este de 1 400 m/s, se poate calcula adîncimea determinînd, cu ajutorul ecografului, timpul necesar ca unda sonoră să străbată distanța de la vas la fundul oceanului și înapoi. Relația de mai jos ne dă adîncimea în metri:

$$D = \frac{T}{2} \cdot 1\,400,$$

în care D este adîncimea în metri, T — timpul scurs de la emitere pînă la recepționarea sunetului, iar 1 400 — viteza sunetului în apă, în m/s.

Precizia *hărții batimetrice* întocmită pe această bază depinde de densitatea sondajelor, de numărul lor pe unitatea de suprafață. Punctele de aceeași adîncime *(izobate)* se unesc și se repre-

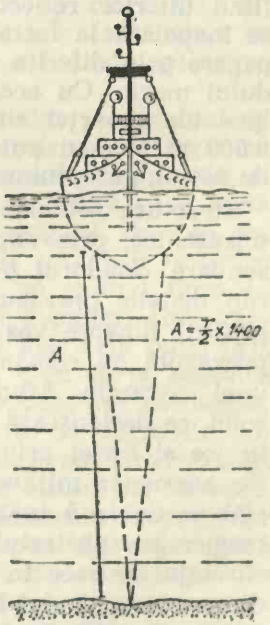


Fig. 138. Principiul de funcționare a ecografului

zintă pe hărți prin colorație albastră de nuanțe diferite (zonele cele mai adînci au nuanțele cele mai închise de albastru). În diferitele hărți ale mărilor și oceanelor, valoarea izobatelor variază în funcție de nivelul zero luat ca punct de plecare (atlasul mărilor și oceanelor, realizat la scara de 1 : 16 000 000, are izobatele de: 0; 200; 500; 1 000; 2 000; 3 000 ... 10 000 metri).

În funcție de adîncime, se constată o descreștere mai mult sau mai puțin rapidă a trei factori fizici de mare însemnătate pentru viața în mări, și anume: lumina, temperatura și mișcarea apei, în timp ce parametrii de presiune cresc. În funcție de valorile acestor parametri, pe adîncime, mediul oceanic este împărțit în mai multe zone.

SUBSTRATUL GEOLOGIC ȘI SEDIMENTELE DE FUND

După datele geologiei subacvatice, fundul oceanelor este în cea mai mare parte acoperit de sedimente diferite, a căror grosime poate ajunge în unele locuri la cîțiva kilometri (Golful Bengal). Sub acestea se găsesc straturi de roci eruptive, bazalt și granit, de asemenea în grosime variabilă și care, înspre centrul Pămîntului, se termină la *stratul Mohorovici* (stratul MOHO), care separă magma vitroasă, semifluidă, de scoarța propriu-zisă a Pămîntului. Structura acestei scoarțe s-a cercetat prin metode acustice care au la bază instalații ce pot emite sunete puternice (explozii), care se propagă pînă la fundul oceanului. De aici o parte din sunete se reflectă, iar o altă parte pătrund prin sedimente, fiind ulterior reflectate de straturile inferioare. După viteza cu care se înapoiază la instalația de recepție, cunoscîndu-se viteza lor de propagare prin diferite roci, se poate determina structura litologică a fundului marin. Cu această metodă s-au putut cunoaște structurile geologice ale scoarței situată la adîncimi sub apă cuprinse între 5 000—8 000 m și s-au putut detecta pe soclul continental diferite zăcăminte de petrol, gaze, minerale etc.

Structura sedimentelor de fund se poate cerceta și prin metode ultrasonice, prin explozii dirijate în substratul dur al fundului și prin sondare. *Sondorul Eckmann* este un astfel de aparat și constă dintr-un tub metalic prevăzut cu o serie de dispozitive de contrarezistențe, la capătul dinspre vas avînd greutăți mari sau o încărcătură explozivă prevăzută cu comandă dirijată. Tubul se lansează în apă cu ajutorul unei macarale. Atunci cînd capătul distal al tubului atinge substratul solid, se declanșează explozia și, ca urmare a acesteia, tubul este împins în jos și astfel prinde o parte din rocă pe care o aduce la suprafață. Cu asemenea mijloace se pot scoate carote în coloane de înălțimi variabile, de la 5 la 25 m. Această metodă nu ne poate da indicații cu privire la substratul dur granitic sau bazaltic decît în cazul în care carotajul se face în zone „spălate" ale fundului oceanic, unde porțiuni din roca-mamă sînt la suprafața fundului.

Cel mai frecvent însă probele de sedimente se iau cu *tuburi de sondă*, care au o greutate la capătul superior și se lasă vertical să se

înfigă cu o anumită viteză în substratul dur (fig. 139). Ele sînt prevăzute cu un dispozitiv lamelar de închidere la capătul inferior, astfel coloana de sediment intrată să nu alunece afară din tub în timpul ridicării ei. Ridicat pe bordul vasului de cercetare, acest tub-sondă se așază orizontal pe punte și, cu ajutorul unei pompe, coloana de sediment este împinsă afară, colectată în jgheaburi anume pregătite, apoi analizată pe loc sau ambalată în foi de plastic pentru studii ulterioare.

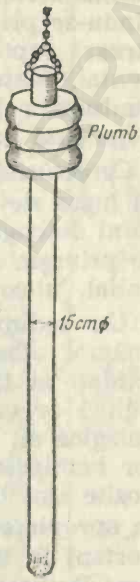


Fig. 139. Tubul sondă.

Sedimentul fundului bazinelor prezintă, din punct de vedere al biologiei mărilor și oceanelor, dublă însemnătate. În primul rînd s-a constatat că în componența sedimentelor oceanice partea ce revine materiei organice este mare și variază în funcție de topografia locului. Astfel, pe vîrfurile și pantele „munților" submarini, resturile de recifi coralieri și fosile marine atestă situarea lor în timp, cu peste 80 milioane ani în urmă. Datele paleobiologice ajută în stabilirea vîrstei și genezei acestor masive, aflate uneori la numai 900 m sub nivelul mării. În zonele adînci ale oceanului, acoperite de mîluri fine, sînt prezenți dinți de rechini sau de cașaloți. S-a stabilit că pe unele suprafețe asemenea dinți se găsesc în densitate de pînă la 1 000 bucăți pe m². Unii din acești dinți aparțin rechinilor care au trăit în terțiar.

Părerile privind clasificarea depozitelor aflate pe fundul oceanelor sînt diferite. Din punct de vedere biologic, cea mai satisfăcătoare pare clasificarea făcută de J. Andrée și îmbunătățită de către Ph. H. Kuenen (1950). După acești autori, sedimentele marine se împart în două grupe, și anume: *a)* sedimente litorale; *b)* sedimente pelagice: hemipelagice și eupelagice.

Sedimentele litorale. Sînt situate în zona platoului continental și prezintă importanță pentru organismele care trăiesc în regiunea neritică, fie în bental, fie în pelagial. Au o compoziție eterogenă și provenință diferită. Caracteristica esențială constă în faptul că o bună parte din masa lor o formează produșii de origine terigenă, care se pot datora aportului fluvial. Fluviile aduc în apa mării suspensii organice sau minerale care, la contactul cu apa sărată, după un anumit timp, în funcție de finețea lor, se depun la fund. Asemenea depuneri sînt frecvente în apropierea coastelor marine. Vînturile, mai ales cele puternice, ridică praf sau nisip fin din deșerturi, iar atunci cînd forța acestora se reduce, praful cade la suprafața apei și se depune; de asemenea, cenușa vulcanică, mai ales în timpul marilor erupții în regiunile din apropierea coastelor și, în sfîrșit, materialul de natură glaciară rezultat din topirea unor fragmente de ghețari în apropierea locului de formare. În regiunile deltelor se formează, de asemenea, sedimente bogate, dar acestea fac obiectul de studiu al limnologiei. Componența organogenă a sedimentului litoral are origine fie pelagială, fie bentonică sau din vegetația de mal.

Sedimentele hemipelagice. Acest tip de sediment rezultă din amestecul în proporții variabile al sedimentelor litorale cu cele eupelagice.

Sedimentele hemipelagice sînt foarte variabile în compoziţie, remarcîndu-se printr-un conţinut ridicat de materie organică, ceea ce demonstrează raportul lor cu zona neritică, cu fauna şi flora platoului continental. Materia organică din aceste depozite provine din resturile organismelor bentonice ale neriticului sau din moartea organismelor care populează pelagialul neritic.

Cercetările au demonstrat că degradarea bacteriană a zooplanctonului în masa de apă este redusă. Ca urmare, deci, cadavrele acestei formaţiuni îmbogăţesc în materie organică sedimentul hemipelagic. În ceea ce priveşte localizarea, acest tip de sediment se află răspîndit în etajul batial, uneori la graniţa dintre platoul continental şi acest etaj.

Un sediment destul de răspîndit de tip hemipelagic este aşa-zisul „nămol albastru", care îşi datorează culoarea prezenţei unor compuşi oxidaţi ai fierului, cît şi materiei organice. Se întîlnesc, de asemenea, mîluri de culoare verzuie, galbenă sau roşiatică. Unele nămoluri hemipelagice au origine vulcanică recentă. Conţinutul în calciu al nămolurilor hemipelagice variază în limite largi. Totuşi, în general, aceste depozite sînt bogate în calciu (peste 35%), cele mai bogate fiind localizate în apropierea recifilor de corali. Activitatea bacteriană joacă un rol important în îmbogăţirea depozitelor în CO_3Ca. Alături de aceasta, o mare contribuţie aduc fenomenele de natură fizico-chimică.

Sedimentele eupelagice. Acoperă regiunile adînci ale mărilor şi oceanelor. Zona acestor sedimente ocupă cele mai mari suprafeţe. Sînt constituite din resturi organice rezultate în urma descompunerii organismelor moarte şi a interacţiunii acestora cu apa în timpul căderii libere spre adînc, din schelete cît şi din coloizi de origine terigenă, mai ales cu conţinut argilos, ce floculează lent. În funcţie de natura chimică a fracţiunii organogene (fig. 140), aceste sedimente se clasifică în: *a)* mîluri calcaroase; *b)* mîluri silicioase; *c)* argila roşie a fundurilor adînci.

Mîlurile calcaroase conţin carbonat de calciu în proporţii ce variază între 30—95%, cu o medie de aproximativ 65%. Dintre acestea se disting, după organismele care le dau naştere, aşa-numitele mîluri *cu globigerine* (33%) şi mîluri *cu pteropode* (7%). Mîlurile cu globigerine au o răspîndire mare în Oc. Atlantic, unde ocupă 2/3 din suprafaţa fundului. Mîlul este alcătuit dominant din schelete de foraminifere pelagice, din coccolitoforidee şi globigerine. În unele zone, la acestea se adaugă şi resturi din cochiliile unor moluşte pelagice, mai ales pteropode. Există şi o dispoziţie în adîncime a depozitelor, în sensul că mîlurile cu pteropode se situează la adîncimi pînă la 2 000 m, pe cînd cele cu globigerine la adîncimi cuprinse între 3 600—5 900 m. Conţinutul în calciu al acestor sedimente mîloase este în funcţie atît de aportul în schelete, cît şi de precipitarea fizico-chimică şi bacteriană a calciului liber sub formă de carbonat de calciu puţin solubil. Sedimentele de acest tip sînt frecvente în mările calde populate cu foraminifere, avînd schelet calcaros, şi pteropode, mai ales în apropierea zonelor de vărsare a marilor fluvii. Temperatura şi salinitatea de asemenea joacă un rol important în formarea acestor depozite. Zonelor de convergenţă le co-

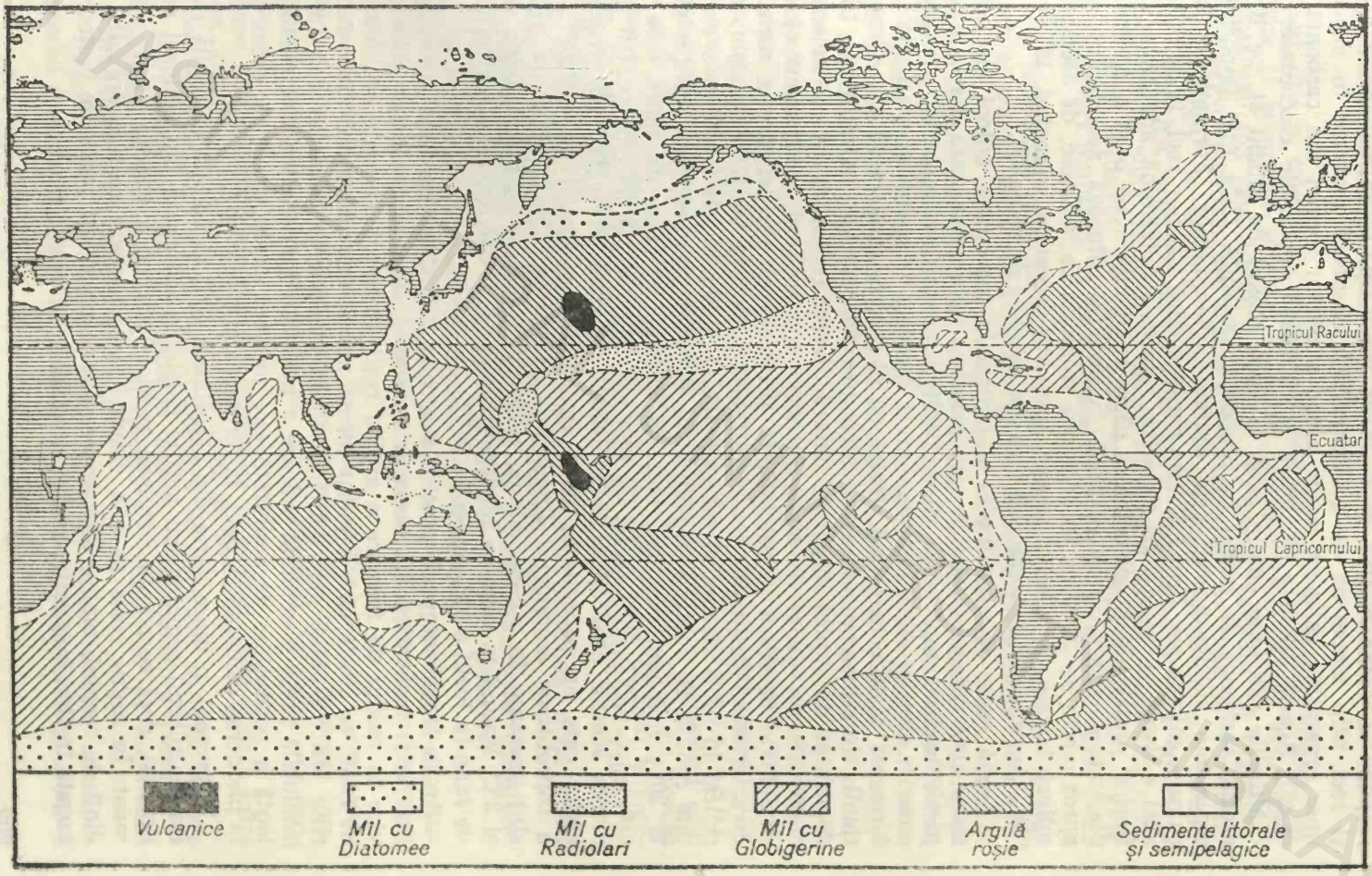


Fig. 140. Repartiția sedimentelor oceanice.

respund în adînc masive depozite de acest tip. Întîlnirea apelor calde și reci prin fenomene de convergență antrenează moartea în masă a unor organisme pelagice, multe avînd scheletul format din carbonat de calciu. Aceste schelete se depun și formează depozitele calcaroase.

Mîlurile silicioase conțin pînă la 20% bioxid de siliciu și, pe lîngă acesta, carbonat de calciu în proporții variabile. Cele mai importante sedimente silicioase sînt cele datorate diatomeelor. Formațiunea are culoare gălbuie sau brună și este caracteristică mărilor reci, unde durata zilei estivale și bogăția în elemente minerale determină adevărate „înfloriri" anuale de fitoplancton, a cărui componentă de bază o constituie diatomeele. Profunzimea maximă la care se situează sedimentul este aproximativ de 3 500 m. În regiunea tropicală se întîlnesc, de asemenea, mîluri bogate în siliciu, uneori proporția acestuia ajungînd la peste 70%. Acestea sînt formate mai ales din schelete de radiolari.

Argila roșie este localizată în platourile fundurilor adînci ale oceanelor. De culoare roșiatică sau brună, argila roșie este formată din particule fine, mult mai fine decît în cazul sedimentelor analizate anterior. Argila roșie conține fier și mangan în cantități mari. Aici se formează niște concrețiuni sferice cu diametrul pînă la 15 cm. Concrețiunile fero-manganoase au o structură concentrică, straturile fiind depuse pe un suport inițial de natură diversă (adesea, dinții de selacieni constituie un astfel de suport). Aceste concrețiuni au început să fie exploatate pe scară industrială. În privința compoziției, argila roșie se caracterizează printr-un conținut foarte redus în săruri de calciu, dar ridicat în oxizi de fier și mangan (Fe_3O și MnO_2), cît și printr-o cantitate redusă de materie organică fin divizată. Concrețiunile conțin pînă la 20% mangan, deși concentrația acestuia în apa de mare este de ordinul a 0,001—0,01 mg/l. De aici s-a ajuns la părerea că pentru formarea acestor concrețiuni este absolut necesară prezența microorganismelor care au capacitatea de a insolubiliza compușii cu mangan sau a coprolitelor animalelor limnivore. Asemenea concrețiuni, de altfel, sînt prezente în zonele adînci, unde temperatura variază între —1° și 3°C, lipsind în mări ca Mediterana sau M. Roșie, care au temperaturi de fund în jurul a 13°, respectiv 21°C.

Argila roșie acoperă peste 50% din suprafața fundului oceanului Pacific și cam 25% din aceea a oceanelor Atlantic și Indian. Cu privire la modul de formare a argilei roșii, prezentă în toate sedimentele de fund, se crede că s-a putut forma numai datorită intervenției factorilor fizico-chimici care fac imposibilă menținerea calciului sub formă insolubilă peste o anumită valoare a presiunii hidrostatice. Sedimentarea lentă a produșilor de suprafață sau terigeni poate duce, de asemenea, la pierderea calciului și, deci, la formarea argilei roșii.

În prezent, o mare parte din cercetători tind să admită că argila roșie este rezultatul sedimentării argilei coloidale antrenată din sectorul continental, deci se admite originea parțial terigenă a acestui tip de sediment. În argila roșie se află răspîndite numeroase resturi organice ca dinți de rechini, otolite de cetacee și fanoane, cît și particule meteorice bogate în fier, magneziu, nichel și cobalt.

STRUCTURA BIOLOGICĂ GENERALĂ A BAZINELOR MARINE ŞI OCEANICE

Unul dintre cele mai importante aspecte ale studiului biologic al mărilor şi oceanelor este cel referitor la raporturile dintre organisme şi masa de apă sau fundul bazinului. În mare, definim ca organism pelagic orice vieţuitor care trăieşte şi se dezvoltă în masa apei marine. Spre deosebire de aceasta, definim ca organism bentonic sau formaţiune bentonică, organismul sau asociaţiile organismelor care trăiesc şi se dezvoltă în zona de fund, la contactul dintre apă şi substratul solid sau în acest substrat. De cele două biotopuri organismele sînt legate prin raporturi multiple, în care hrana se situează pe primul plan (vezi fig 134).

Dacă totalitatea organismelor vii care trăiesc strîns legate de fundul bazinului poartă denumirea de *bentos*, în opoziţie cu acestea, *pelagosul* este alcătuit din totalitatea organismelor care trăiesc în masa apei, în pelagial. Organismele pelagice se grupează, de asemenea, în două mari formaţiuni şi anume: *plancton*, înţelegîndu-se prin acesta organismele care trăiesc liber în masa apei, fiind antrenate pasiv de aceasta. Planctonul este capabil să se deplaseze pe spaţii restrînse atît pe verticală cît şi pe orizontală, dar este îndeosebi antrenat de curentul de apă. Spre deosebire de plancton, *nectonul* marin este capabil să se deplaseze activ, să se opună curentului, să iasă sau să intre în raza de deplasare a curenţilor marini. Două grupe de organisme îşi desfăşoară viaţa în raport cu pelicula de apă ce separă mediul marin de cel aerian: una din acestea constituie e p i n e u s t o n u l, iar alta h i p o n e u s t o n u l.

Separaţia dintre organismele care alcătuiesc bentosul şi pelagosul este mai mult de ordin metodologic, deoarece atît unele cît şi altele au nevoie de masa de apă pentru dezvoltare; mai mult, în cursul ciclului ontogenetic, în anumite stadii tinere, numeroase forme bentonice trăiesc în cadrul planctonului.

Examinat sub raport biologic, mediul marin cuprinde două mari domenii, şi anume: *domeniul pelagic* şi *domeniul bentic*.

Domeniul pelagial. Cuprinde o serie de subdiviziuni care constituie zone distincte din punct de vedere al dinamicii vieţii pelagice:

Zona epipelagică, corespunzînd zonei de fotosinteză.

Zona mezopelagică (afotică), cuprinsă între zona epipelagială şi adîncimea de dispariţie a luminii, care corespunde, în general, cu izoterma de 10°C.

Zona bathipelagică coboară în jos pînă la adîncimea de aproximativ 2 500 m, avînd o biomasă predominată de copepode. În ce priveşte temperatura, această zonă se crede că ar fi limitată în adînc de izoterma 4°C.

Zona abisopelagică are o mare extindere în oceane. Este situată între 2 500—6 000 m adîncime, deci sub izoterma de 4°C.

Zona hadopelagică (ultraabisală) coboară de la 6 000 m pînă la cele mai mari adîncimi. Are o populaţie săracă şi temperatura coborîtă.

Pelagialul se pretează şi la o diviziune pe orizontală. În acest sens se disting două mari regiuni, şi anume:

— r e g i u n e a n e r i t i c ă, constituită din apele situate deasupra platoului continental, pînă la izobata de 200 m vertical. În larg, lăţimea

acestei regiuni depinde în mare măsură de lățimea platoului continental;

— regiunea oceanică ocupă restul bazinului oceanic sau marin, deci tot ce se întinde spre larg, începînd cu marginea platoului continental.

Deosebiri relativ însemnate separă cele două regiuni oceanice, atît în ce privește aspectele fizico-chimice, cît și în ceea ce privește aspectul biologic.

Domeniul bental. Cuprinde fundul marin începînd cu linia ce separă uscatul de ape, pînă la cele mai mari adîncimi. Viața în domeniul bentonic se repartizează în funcție de structura, originea și de consistența substratului, mobil sau dur, cît și de conținutul în materie organică utilizabilă pentru nutriția organismelor bentonice.

Aspectele etajării vieții în sectorul bental pune o serie de probleme, numeroși autori nefiind unanim de acord în ce privește un sistem sau altul. J. Ekmann este primul dintre oceanologi care a încercat o etajare a sistemului bentonic în funcție de populație. După acest autor izobata de 200 m separă domeniul bental în două mari sectoare, și anume: bentosul *litoral* și bentosul *profund;* separarea este oarecum arbitrară, deoarece se face numai pe considerente de pătrundere a luminii. Există mari abateri de la acest nivel în ce privește linia care separă zona luminată de cea obscură. În prezent, majoritatea autorilor admit, odată cu prof. J. M. Pérèz, existența a cel puțin șapte etaje distincte ale bentosului, în funcție de profunzimea crescîndă.

Etajul supralitoral este zona litorală populată de organisme care suportă emersia continuă, ca o necesitate. În acest sector, apa de mare acționează prin umectare ori stropire. Imersia se produce la acest nivel numai în cazuri excepționale, prin mareele înalte corespunzînd echinocțiului (fig. 141), această acoperire cu apă avînd un caracter temporar, dar regulat.

Etajul mediolitoral, situat la contactul imediat apă-uscat, este zona mareelor, organismele care îl populează putînd suporta atît emersia cît și imersia. Organismele sînt susceptibile de a trăi atît în imersie continuă, cît și în afara apei, fără consecințe dăunătoare pentru acestea.

Etajul infralitoral este acoperit continuu de apă în mările interioare, dar în mările deschise cu maree puternice, la refluxul echinoxului, acest sector poate fi descoperit, fapt ce antrenează moartea multor

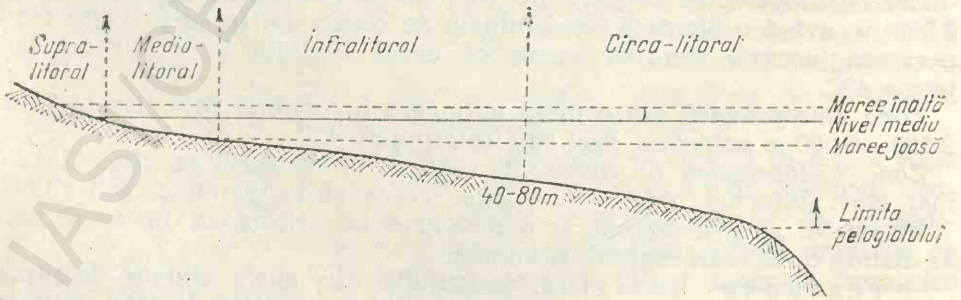


Fig. 141. Subdiviziunile zonei litorale.

organisme. Limita inferioară a etajului este zona compatibilă cu existența zosteraceelor, situîndu-se între 15—20 m la latitudini mari, 30—40 m în Mediterana și pînă la 80 m în mările tropicale *(Thalassia)*.

Etajul circalitoral se întinde de la limita dispoziției algelor fotofile pînă la profunzimea extremă compatibilă cu activitatea algelor puțin pretențioase față de lumină, a celor de tip sciafil, înțelegîndu-se prin acestea tocmai gruparea de alge puțin pretențioase față de lumină, deci acelea care trăiesc la mari adîncimi.

Etajul batial corespunde zonei ocupată de populația ce se întinde de la marginea platoului continental și ocupă taluzul continental împreună cu fundul mai puțin abrupt care se întinde de la marginea taluzului continental. Sub raport batimetric, el ar corespunde ca limită inferioară cu izobata de 3 000 m, iar în raport cu temperatura, izotermei de 4°C, totul fiind însă în funcție de latitudine.

Etajul abisal corespunde populației care ocupă zonele întinse ale fundului oceanelor și mărilor, începînd de la poalele taluzului continental pînă la adîncimi de maximum 6 000 m. Populația este săracă, formată din specii stenobate de adîncime.

Etajul hadal sau *ultraabisal* (după Zenkievici) cuprinde sectorul marilor adîncimi ce depășesc 6 000 m. Este caracterizat din punct de vedere al populației prin sărăcie cantitativă și calitativă în specii și indivizi, cît și prin prezența bacteriilor barofile adaptate la viața în condiții de presiune enormă, cuprinsă între 700 și 1 000 atmosfere.

Sub alt raport, primele patru unități constituie un singur sistem bentonic, cunoscut sub denumirea de *sistem litoral,* caracterizat prin prezența vegetalelor clorofiliene bentonice, cît și a organismelor animale specifice pentru această zonă. Complexul biologic al zonei bentonice litorale este denumit, mai ales de către unii autori francezi (J. M. Pérès), și *sistem fital.* Sub acest aspect, caracterizarea zonei se face în funcție de populație și nu pe baza considerentelor batimetrice. Condițiile specifice determină o mare disproporție în ceea ce privește extinderea acestui sistem pe zone mai largi sau mai restrînse. Desigur, factori ca localizarea pe glob a bazinului, temperatura, salinitatea și alte condiții influențează în mare măsură răspîndirea sistemului. Ultimele trei etaje constituie *sistemul profund* sau *afital,* caracterizat prin absența luminii și, în consecință, a vegetației clorofiliene, cît și prin presiuni cu atît mai crescute, cu cît adîncimea este mai mare.

Capitolul XII

MEDIUL MARIN

Mediul marin este un domeniu complex sub raport fizic și chimic. Volumul mare de apă marină, cît și suprafața enormă a oceanului planetar, îngreunează studiul acestuia în ce privește stabilitatea și variația parametrilor fizici sau chimici. Între apele marine ale diferitelor oceane

și mări, chiar de la aceeași latitudine, există variații însemnate ale valorilor diferiților factori și este firesc să fie așa, dacă ne gîndim că există o mare disproporție între suprafața totală neritică (9%) și suprafața totală a sectorului oceanic propriu-zis (91%). În zona neritică a pelagialului, variațiile factorilor chimici și fizici au amplitudine mare atît în funcție de latitudine, cît și în funcție de adîncime. În sistemul profund, variațiile nu sînt atît de mari ca amplitudine, cu excepția presiunii care crește constant și, ca urmare, ne putem aștepta la modificări ale unei serii întregi de parametrii chimici și biologici.

CARACTERISTICILE FIZICE ALE MEDIULUI OCEANIC

Studiul caracteristicilor fizice ale mediului oceanic prezintă pentru hidrobiologia actuală o deosebită importanță. Orientarea fiziologică a hidrobiologiei nu poate fi desăvîrșită decît în condițiile în care se cunosc factorii fizici ce pot influența populațiile sau indivizii asociațiilor de viețuitoare marine.

PROPRIETĂȚILE MECANICE

Tensiunea superficială. Crește relativ proporțional cu concentrația moleculară. Cum concentrația medie a apei marine este de aproximativ 35 g‰, rezultă că, în comparație cu apa dulce, continentală, tensiunea superficială a apelor oceanice este de 76,41 la temperatura de 0°C.

Densitatea. Definește raportul dintre un volum din corpul dat la temperatura 0°C și același volum de apă distilată la temperatura de 4°C și presiunea de 760 mm Hg. Se măsoară în kg/m³. În practică se folosește formula:

$$D_4^0 = \frac{1\ \text{dm}^3\ \textit{apă de mare la}\ 0°\text{C}}{1\ \text{dm}^3\ \textit{apă distilată la}\ 4°\text{C}}.$$

Pentru apa marină D_4^0=1,02812; pentru apa dulce D_4^0=1,00000 (apă distilată).

Pentru determinarea densității apei din natură, în laboratoare se folosesc *picnometrele*. Pe navele de cercetare, densitatea se măsoară cu ajutorul *areometrelor*, densimetre speciale prevăzute cu flotor și care se afundă în apă pînă la o anumită adîncime care depinde de puterea de împingere a apei, deci de densitatea acesteia. Dispozitivul este prevăzut cu gradații precise, dar se folosesc mai ales serii de areometre construite corespunzător, pentru o anumită densitate. Oceanograful J. Y. Buchanan a construit un tip de areometru universal, iar un sistem tabelar ne ajută să determinăm densitatea apei la temperatura de 4°C.

Densitatea apei de mare, ca de altfel densitatea apei în general, este dependentă de trei factori importanți și anume: *temperatură*, *compoziție chimică* și *presiune*. Cum acești trei factori sînt variabili, rezultă

că și densitatea va suferi variații în funcție de modificarea valorilor acestor parametri.

Densitatea variază mult cu temperatura. O variație de temperatură de 10°C determină o modificare a densității echivalentă cu 2 unități de salinitate (2 g/l). Apa care posedă la 0°C o densitate de 1,02700 are la 10°C densitatea egală cu 1,02588, deci densitatea scade cu creșterea temperaturii. Acest lucru nu se întîlnește peste tot în natură, deoarece creșterea temperaturii apelor de suprafață este însoțită de evaporație, deci de o concentrație a mediului în săruri minerale, ceea ce determină o creștere a densității; aceasta se întîmplă mai ales în mările calde închise. Astfel se explică de ce în Golful Persic se întîlnesc densități ale apelor de suprafață de ordinul a 1,02800.

Densitatea variază, de asemenea, și cu salinitatea. Există o relație precisă între densitate și clorinitate, pe baza căreia, cunoscîndu-se densitatea unei ape, se poate determina clorinitatea sau chiar salinitatea:

$$S‰ = (d - 1) \cdot 1{,}309 \cdot 1000$$

Presupunînd că $d = 1{,}0272$, atunci

$$S‰ = (1{,}0272 - 1) \cdot 1{,}309 \cdot 1000 = 35{,}604 \text{ g}$$

Oceanograful M. Knudsen a întocmit niște *tabele hidrografice* cuprinzînd densitatea și salinitatea pentru fiecare interval de clorinitate de ordinul a 0,01‰ la temperatura de 0°C. Cu ajutorul valorilor densității la 0°C și la presiunea atmosferică normală se pot determina densitățile corespunzătoare variațiilor de temperatură și presiune. Îndulcirea apelor marine ca urmare a aportului fluvial, precipitațiilor și topirii ghețarilor, are ca efect scăderea accentuată a densității locale. Astfel, în Marea Baltică, în luna august, mai ales în partea răsăriteană, s-au măsurat densități de ordinul a 1,00400, în timp ce la aceeași latitudine și în aceeași epocă în Marea Nordului densitatea măsura valori de 1,02600. În apropierea gurilor de vărsare, cît și în zona de răspîndire a apei dulci adusă de marile fluvii, densitatea are valori mici și variază mult cu sezonul, deci cu debitul fluvial.

Se știe că salinitatea, în speță concentrația moleculară a mediului, modifică punctul crioscopic și ebulioscopic, dar așa cum am văzut, și densitatea este influențată de concentrația în săruri a mediului hidric. Apa distilată are densitatea maximă la 4°C; în comparație cu aceasta, s-a constatat că apa de mare cu $S‰$ de 24,7 are densitatea maximă la temperatura de —1,332°C, temperatură la care această apă îngheață. Apele marine cu o concentrație de 35 g‰ ating densitatea maximă abia la —3,52°C, dar se mai știe că apa marină îngheață la —2°C (fig. 142). Consecința acestor fapte este însemnată pentru apele marine, deoarece densitatea maximă în aceste ape nu poate fi practic atinsă, fapt ce explică existența apelor cu temperaturi joase în apropierea fundului bazinelor. În apele dulci, temperatura de înghețare (0°C) este mai mică decît temperatura densității maxime (4°C), pe cînd în apele marine, dimpotrivă, temperatura de înghețare (—2°C) este mai mare decît temperatura apei de densitate maximă (—3,52°C).

Întrucît atît salinitatea cît și temperatura variază cu situarea geografică a bazinelor oceanice, vom întîlni și variații ale densității cu lati-

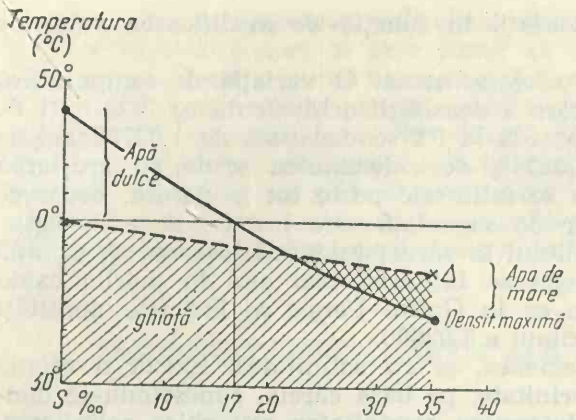


Fig. 142. Raportul dintre densitate și congelare la apa dulce și apa de mare.

tudinea; astfel, în zona arctică d=1,02700, la ecuator d=1,02300. În acest caz, factorul temperatură este decisiv. La poli, întîlnim cele mai scăzute temperaturi, dar nu și cele mai mari salinități; cu toate acestea, densitatea apei aici este mai crescută. În zonele ecuatoriale, temperatura crescută micșorează densitatea, deși salinitatea apei atinge cele mai mari valori. Din aceste diferențe de densitate mai rezultă un fenomen, și anume faptul că datorită diferențelor de densitate apele ecuatoriale au un nivel mai ridicat decît cele polare cu aproximativ 2 m, aceasta ca urmare a faptului că în cazul a două lichide legate între ele, dar avînd densități diferite, nivelul lor în vasele ce le conțin va fi diferit, mai crescut în vasul ce conține lichidul cu densitatea mai mică.

Compresibilitatea. Apare ca urmare a acțiunii forței exercitată de presiunea atmosferică, la care se adaugă presiunea hidrostatică ce crește cu o atmosferă la 10,05 m coloană de lichid, astfel că la adîncimea de 10 000 m presiunea hidrostatică este de 1 000 atmosfere pe cm². Experimental, pentru apa dulce, s-a demonstrat și măsurat un *coeficient de compresibilitate*. Densitatea apei de mare crește cu adîncimea, în funcție de gradul de compresibilitate, astfel:

Adîncimea (în m)	Densitatea
0	1,0281
100	1,0286
1 000	1,0326
5 000	1,0511
10 000	1,0776

Ca urmare a faptului că orice corp care are densitate mai mare sau egală cu 1,05 cade spre adînc, rezultă nejustețea presupunerii mai vechi după care unele corpuri rămîn suspendate în apa marilor adîncuri la anumite nivele. Pentru a ne da seama de rolul presiunii în micșorarea volumului de apă, deci în creșterea densității ei, să ne închipuim că la un moment dat ar dispare gravitatea și, deci, presiunea hidrostatică; ca urmare, nivelul actual al apelor oceanice ar crește cu aproximativ 50 m și o suprafață a uscatului de circa 5 milioane km² ar fi inundată.

Presiunea hidrostatică. Aceasta joacă rol — așa cum am văzut — și în legătură cu variația unor însușiri fizice ale apei de mare; pre-

siunea hidrostatică are însă influență și asupra proceselor chimice și biologice.

Se înțelege prin presiunea hidrostatică presiunea exercitată de o coloană de apă asupra suprafeței de contact situată la baza ei; se măsoară fie în atmosfere, fie în unități C.G.S. (dyne/cm^2) sau S.I. (newtoni/m^2).

Prin *atmosferă* (at) se înțelege presiunea exercitată de o coloană de mercur înaltă de 760 mm, pe o suprafață situată la baza ei la temperatura de 0°C și $g = 9{,}80665$. În sistemul C.G.S., 1 at $= 1{,}0133 \times 10^6$ dyne/cm^2 sau cu 1,0133 bar. Un bar este egal cu 10^6 dyne/cm^2. În oceanografia fizică se utilizează ca unitate de măsură *torrul*, un torr fiind egal cu $\frac{1}{760}$ at sau 1 at $= 760$ torr (mmHg).

În practica curentă, pentru măsurarea presiunii în mări și oceane se utilizează *decibarul* (care este egal cu 0,1 bar), fiind echivalent cu presiunea exercitată de o coloană de apă înaltă de 1 m, pe o suprafață situată la baza ei egală cu 1 cm^2; în consecință, presiunea hidrostatică crește cu 1 decibar la metru adîncime. În etajul hadal, presiunea hidrostatică este mare; aci trăiesc numai organismele adaptate unor astfel de presiuni, organisme denumite *barofile*. Pînă în prezent se cunosc puține date cu privire la acțiunea unor presiuni atît de mari asupra organismelor abisale; se pare că acest factor se asociază cu temperatura relativ coborîtă din aceste zone și duce, în ultimă instanță, la schimbări ale metabolismului.

Viscozitatea. Este o caracteristică a tuturor lichidelor și se evidențiază prin rezistența lor la curgere. Viscozitatea se măsoară cu ajutorul *viscozimetrelor de tip Hess sau Ostwald*. Pentru măsurarea viscozității apei de mare, cercetătorii japonezi au introdus o tehnică mai simplă, și anume aceea a măsurării timpului necesar curgerii printr-un tub precis dimensionat a 5 cm^3 de apă de mare, de temperatură și salinitate cunoscute. Făcîndu-se comparații cu valorile pentru apa distilată cu ajutorul unei simple formule, se poate determina viscozitatea apei de mare. Viscozitatea apei oceanelor este influențată atît de temperatură cît și de salinitate, și anume, cu cît temperatura scade viscozitatea crește, și invers. De asemenea, cu cît se reduce concentrația în săruri, cu atît viscozitatea este mai mică.

Viscozitatea joacă un rol important atît în dinamica apei oceanice, influențînd asupra schimbului dintre masele de ape diferite, cît mai ales determinînd direcția de flux a moleculelor de apă. Dar viscozitatea moleculară poate prezenta și un aspect turbionar: curgerea de acest tip se întîlnește atît în sens orizontal, cît și vertical; în acest caz, deplasarea moleculelor în plan vertical determină mișcarea efectivă a masei de apă în acest plan. Importanța viscozității turbionare este imensă pentru determinarea curenților pe verticală, mai ales dacă ne gîndim că valorile acesteia sînt cu zeci sau sute de mii de unități mai mari decît valorile viscozității moleculare. Mișcările turbionare pe verticală, mai ales ascendente, scot la suprafață din adîncuri elemente biogene utile, ca fosfați și azotați, determinînd uneori adevărate erupții în dezvoltarea populației planctonice.

Viscozitatea poate însă și limita sau opri circulația pe orizontală și verticală a apelor. O masă de apă ce se deplasează în jos poate fi oprită din drum de o pătură de apă avînd viscozitate mai mare, deci care este și mai densă în același timp.

Consumul de energie pentru deplasarea organismelor nectonice este direct proporțional cu starea de viscozitate a mediului; cu cît viscozitatea este mai mare, cu atît acestea vor trebui să facă un efort mai mare în deplasare, și invers. Planctonul se va menține cu atît mai bine în stare de plutire liberă, cu cît viscozitatea mediului este mai crescută. Modificările de viscozitate, alături de cele de densitate, temperatură și salinitate, pot provoca chiar modificări adaptative morfologice la organismele ce compun planctonul marin, în sensul reducerii sau dezvoltării părților dure, a taliei sau a apendicelor.

TERMICA APELOR MARINE

Temperatura apelor oceanice și marine variază în limite largi, în funcție de latitudine, dar, spre deosebire de uscat, unde amplitudinea variațiilor poate ajunge la 120°C, în mări această variație nu depășește ca amplitudine 37°C.

Sursele de încălzire a apei oceanice sînt diverse, însă importanță deosebită joacă următorii factori: *a)* radiațiile solare și cosmice; *b)* căldura scoarței terestre și vulcanismul submarin; *c)* energia cinetică a apei transformată în căldură (valuri, maree, curenți etc.); *d)* procesele chimice exotermice. Contribuția acestor factori este, însă, extrem de inegală; dintre factorii enumerați radiațiile solare și căldura emanată de scoarță joacă rolul cel mai important (ceilalți factori avînd o importanță minoră, iar în unele cazuri, cu totul neglijabilă), fiind evidentă mai ales local.

Datorită căldurii specifice relativ mare a apei (0,95 cal/Kg grad), cît și masei imense care absoarbe căldura, apele oceanice joacă un rol important în menținerea climatului continental, în reglarea acestuia. Apa înmagazinează greu căldura, dar, totodată, cedează lent energia calorică înmagazinată. Pe de altă parte, masele de apă, avînd temperaturi și salinități diferite, se amestecă greu sau de loc; de aici existența curenților care, așa cum este cazul curentului cald al Golfului, fac ca climatul să se îndulcească mult în apropierea țărmurilor mărilor pe care le străbat.

În funcție de unele condiții ca: atmosferă mai rece, fenomene de vaporizare etc., apa marină pierde continuu căldură. Răcirea apei oceanului se datorează: *a)* radiației căldurii în direcția atmosferei; *b)* evaporației de suprafață, care, de asemenea, se produce cu pierdere de căldură.

Tehnica măsurării temperaturii apelor din mări este diversificată și a suferit o continuă evoluție. La suprafață, măsurarea temperaturii nu pune probleme, deoarece termometrul obișnuit, cu unele modificări de construcție, este în măsură să indice destul de precis temperatura. În ce

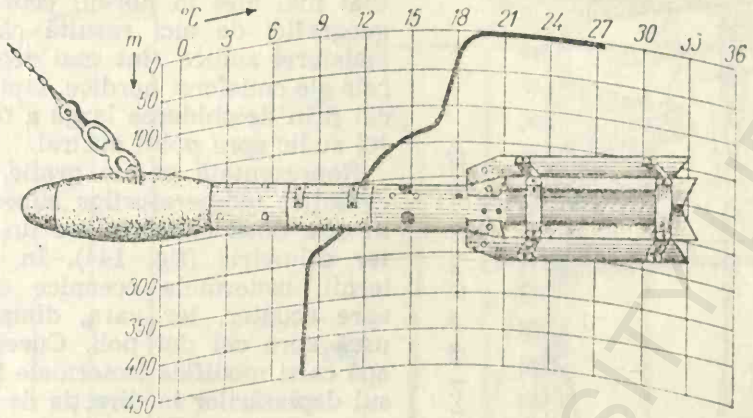


Fig. 143. Termograf.

privește măsurarea temperaturii în adînc, aceasta pune probleme și astăzi. Aducerea unei probe de apă la suprafață și măsurarea temperaturii acesteia a fost utilizată la început, dar metoda nu a dat rezultate, deoarece în timpul scoaterii probei temperatura se modifica prin contact cu straturile de temperaturi diferite. Termometrele speciale, ca *termometrul reversibil* sau cel *de maximă și minimă*, au fost, de asemenea, utilizate. În prezent, dispozitive automate, folosind un lichid dilatator obișnuit, împing un index luminos care, pe o hîrtie fotosensibilă mișcată de un dispozitiv, înscrie variațiile de temperatură la diferite nivele, după tipul termografelor (fig. 143). Întregul dispozitiv se introduce în cilindri de oțel astfel construiți încît să nu fie deteriorați de presiunea din adîncuri.

Variația temperaturii la suprafața mărilor și oceanelor

Apele de suprafață au un interval de variație a temperaturii în funcție de o serie de factori. Variațiile mai mari sînt prezente în bazinele temperate închise. În ce privește oceanul, temperatura extremă cea mai coborîtă este situată la poli și poate atinge —2°C, iar cele mai ridicate la ecuator 27°C, deci cu o variație de ordinul a 29°. În mările închise tropicale însă, datorită unei serii de condiții locale de izolare sau apropiere de zone aride, temperatura maximă poate ajunge la 32°C în Golful Mexic, 34°C în Marea Roșie și 35°C în Golful Persic. La nivelul oceanelor se poate evidenția un ecuator termic al apelor susceptibil de a se deplasa sezonier, dar si-

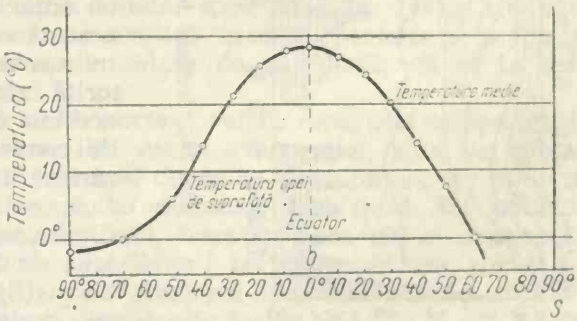


Fig. 144. Variația temperaturii superficiale cu latitudinea.

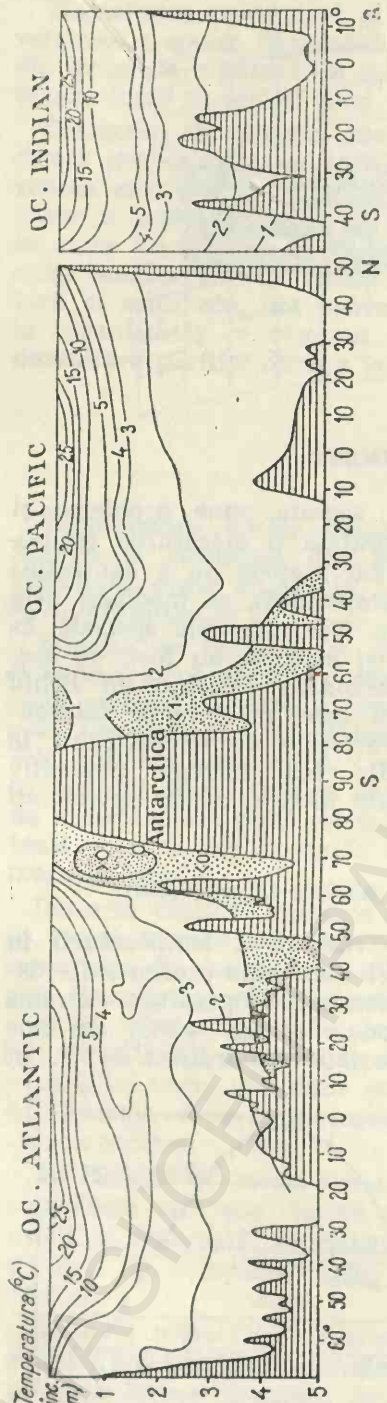


Fig. 145. Secțiune termică prin oceanele: Atlantic, Pacific și Indian (după Dietrich și Kalle, 1965).

tuat mai ales în nordul ecuatorului geografic; de aici rezultă că apele emisferei sudice sînt mai reci decît cele ale emisferei nordice, fapt explicat prin deschiderea largă a oceanului sudic spre polul austral.

Reprezentată pe un grafic, curba evoluției temperaturilor superficiale în cele două emisfere are un caracter asimetric (fig. 144). În timpul iernii, izotermele oceanice coboară spre ecuator, iar vara, dimpotrivă, urcă spre cei doi poli. Curenții de apă calzi modifică izotermele în sensul deplasărilor în direcția de curgere a acestora. Dimpotrivă, curenții reci, cum ar fi cel al Labradorului, răcesc apele în zona lor de deplasare, astfel că la aceeași latitudine, între paralelele de 70°—40°N, temperatura apelor este mai scăzută în regiunea coastelor americane decît în regiunea corespunzătoare a Europei, care este scăldată de apele curentului Golfului.

Variația pe verticală a temperaturii apelor oceanice

Cercetările din ultimul timp fac o analogie, în ce privește temperatura, între situația din atmosferă și ocean. Astfel, se disting două straturi termice vaste, și anume: o așanumită *termosferă* sau *troposferă marină*, cuprinzînd o pătură de ape cu adîncimea de cel mult 500 m. În această zonă de ape, temperatura diminuează rapid cu adîncimea, datorită răcirii apei și a deplasării acesteia pe verticală prin fenomene de convecție. Scăderea temperaturii variază în funcție de zona geografică; astfel, în Atlanticul ecuatorial diminuează cu 9°C la 25 m, iar în larg de Rio de la Plata cu 12° la 25 m (fig. 145). Variațiile sezoniere se resimt pînă la aproximativ 200 m adîncime. Pătura de ape

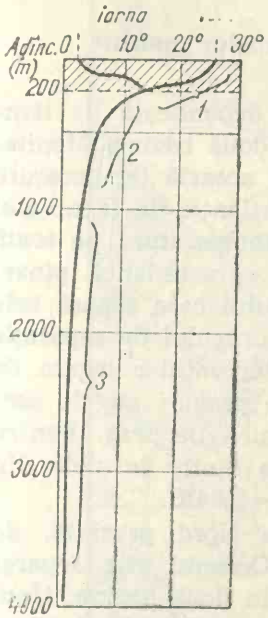


Fig. 146. Variația temperaturii cu adîncimea:
— zona de variații sezoniere;
— zona de scădere constantă;
— zona temperaturii nevariabile.

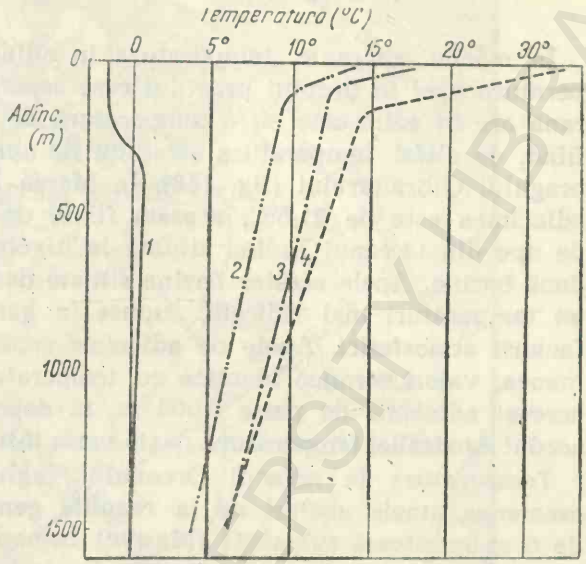


Fig. 147. Variația temperaturii medii a apelor oceanice din diferite zone geografice, în funcție de adîncime (după Perez):
1 — ape polare; *2* — ape temperate; *3* — ape subtropicale; *4* — ape intertropicale.

situată sub 500 m adîncime a primit denumirea de *psicrosferă* sau *stratosferă marină*. În această pătură, temperatura variază lent cu adîncimea, variație care este în funcție și de latitudine.

Spre deosebire de psicrosferă, în zona termosferei variațiile sînt mai bruște, pînă la 200 m adîncime resimțindu-se chiar influențele diurne asupra temperaturii.

În apele temperate, variația sezonieră are un caracter aparte. Astfel, în timpul iernii, temperatura este coborîtă la suprafață, crescînd apoi cu adîncimea pînă la un anumit punct, iar în continuare scăzînd după regulile obișnuite. În timpul sezonului cald, curba de scădere a temperaturii înregistrează o mare descreștere cu adîncimea (fig. 146). Apele polare reci circulă în zona abisală în sensul de la poli spre ecuator, unde ies la suprafață, și după încălzire pot fi antrenate în curenți superficiali care au direcția de la ecuator spre poli (fig. 147). Circulația profundă de la poli spre ecuator explică în parte existența acelorași forme de organisme atît în apele polare de suprafață, cît și în cele ecuatoriale de la adîncimi mari.

Circulația pe verticală are un important rol în repartiția temperaturilor de la suprafață spre adînc. Din cauza evaporației, ziua, la suprafață, densitatea apei crește. Apele mai dense se vor afunda, iar în locul acestora ies spre suprafață apele cu densitate mai mică din păturile subiacente. Apele superficiale, totodată, transportă cu ele și o anumită cantitate de căldură și oxigen, contribuind la împrospătarea apelor de adînc. Asemenea schimburi de ape afectează mai ales pătura superficială, deoarece în adînc schimbul de ape este foarte lent.

Influența pragurilor asupra temperaturii apelor marine

În mările adiacente, temperatura în adînc este dependentă de temperatura apei în dreptul pragului care separă cele două bazine. Mediterana are în adînc ape cu o temperatură de 12,7°C, această temperatură fiind, de altfel, temperatura stratului de ape din Atlantic de la nivelul pragului Gibraltarului (fig. 148). În Marea Roșie, temperatura pe toată adîncimea este de 21,6°C, aceasta fiind, de altfel, caracteristică pînzei de ape din Oceanul Indian situată la nivelul pragului care separă cele două bazine. Apele acestor bazine situate deasupra pragului de separație au temperaturi mai ridicate, supuse în general fluctuațiilor legate de factorii atmosferici. Apele de adîncime separate de praguri au, de asemenea, valori termice identice cu temperatura păturii de prag. Pentru aceeași adîncime de peste 6 000 m, în depresiunile dintre insulele din nordul Australiei temperatura poate varia între 0,77°—9,84°C.

Temperatura în adîncul Oceanului Înghețat de Nord prezintă, de asemenea, unele abateri de la regulile generale. Oceanul este separat de o șa muntoasă submersă (Masivul Lomonosov), în două bazine. Unul din acestea, mai adînc, se situează în perimetrul delimitat de Arhipelagul Spitzbergen — Polul Nord — Marea Laptev, iar altul este situat spre Alaska (fig. 149). În bazinul oriental apele sînt dispuse în straturi. Astfel, primul strat superficial are temperatura de —1,5°C vara și —1,8°C iarna. Sub acesta se află un strat de ape rezultat în urma afundării apelor răcite de la suprafață și este cuprins între 50—300 m adîncime. La acest nivel, temperatura este de —1,6°C vara și de —1,8°C iarna, avînd totodată și o salinitate mai ridicată decît stratul superficial. În pătura de ape cuprinsă între 400—600 m adîncime, temperatura are valori mai ridicate, în medie de 1,5°C, iar salinitatea de 35 g‰. Aceste ape au origine atlantică, fiind împinse de curentul Golfului care, după ce trece în dreptul Arhipelagului Spitzbergen, primește denumirea de Curentul Albastru. Acest curent străbate bazinul pînă în Marea Barentz, unde se înfundă datorită densității mai mari a apei acestuia în raport cu aceea a mării. În adîncurile oceanului apa se răcește treptat.

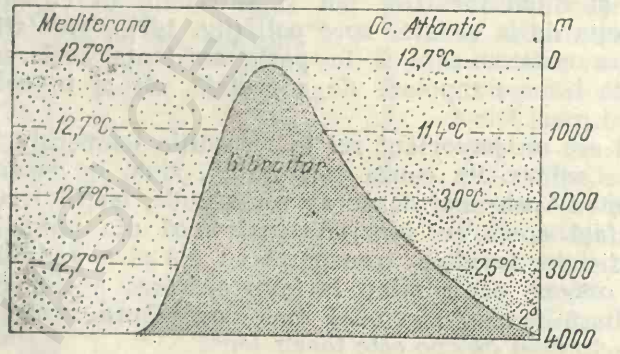


Fig. 148. Repartiția temperaturilor în adîncime, de o parte și de alta a pragului Gibraltar.

Fig. 149. Temperatura apelor Oceanului Înghețat de Nord, de o parte și de alta a crestei Lomonosov.

Gheața mărilor și oceanelor

Apa mării, fiind o soluție cu o concentrație medie de 35 g săruri la litru, are un punct de congelare situat în jurul a —2°C. Această temperatură este întîlnită la poli, cît și în mările subpolare sau chiar temperate, în sezonul rece. Salinitatea variază însă în limite extrem de largi, astfel că gheața se poate forma în unele mări și la temperaturi ceva mai ridicate decît cea amintită mai sus. Marea Neagră și Baltică, mai ales la țărm, îngheață frecvent.

Prin înghețarea apei de mare rezultă trei componente, și anume: *a) „saramură" lichidă,* formată din apă și săruri; *b) cristale de gheață* (trihidroli); *c) criohidrați.*

Toate aceste componente se întîlnesc în vasul în care se produce înghețarea apei de mare la temperatura corespunzătoare salinității date. Scăderea temperaturii poate determina înghețarea întregului ansamblu, rezultînd o singură fază, cea solidă, care cuprinde cristale de gheață și criohidrați. Formarea criohidraților este dependentă de temperatură și de structura chimică a compușilor. După H. Petterson, temperaturile de formare a criohidraților ar fi de: —0,7°C pentru SO_4Na_2; —11,1°C pentru KCl; —21,9°C pentru NaCl; —33,6°C pentru $MgCl_2$; —55°C pentru $CaCl_2$. Densitatea gheții formate din apa de mare variază între 0,903—0,959, fapt important în retracția banchizei. Prin conductibilitatea termică scăzută, gheața protejează apele oceanului de efectul temperaturilor scăzute de la suprafață.

În condiții de calm absolut, apa de mare poate fi răcită datorită unor diverse cauze pînă la —20°C fără să înghețe, producîndu-se superfuziunea. Mișcarea apei favorizează formarea gheții. Cristalele de apă formate prin înghețare plutesc la suprafață în amestec cu „saramura" formată și cu criohidrații. Cu timpul, suprafața mării devine mai netedă, deformațiile cauzate de mișcarea aerului nu se mai resimt, cristalele se unesc și formează blocuri masive de gheață ce se sudează între ele. În acest mod, în regiunile polare ia naștere *banchiza polară,* care se îngroașă mereu prin adausuri de gheață și criohidrați, astfel că în unele zone poate atinge pînă la 27 m grosime. În medie, însă, grosimea banchizei polare nu depășește 7 m. Gerurile mari au o acțiune de retractare asupra banchizei, ceea ce duce la apariția de fisuri pline cu apă între blocurile de gheață. Vasele prinse în banchiză sînt supuse la mari solicitări, datorită retracției acesteia. Banchiza are o mișcare în derivă, ca urmare a acțiunii mișcării de rotație a Pămîntului. Viteza de mișcare este de 8 km pe zi. În urma contactului cu apele mai calde ale oceanului, din banchiză se rup fragmente de gheață ce se deplasează spre sud. Între Insula Groenlanda și Arhipelagul Spitzberg se rup anual pînă la 12 000 km^3 gheață, iar între Labrador și Groenlanda, pînă la 5 000 km^3. Această gheață răcește apele superficiale ale oceanului și contribuie la îndulcirea lor pe suprafețe relativ mari.

În ambele emisfere se întîlnesc masive mari de gheață care plutesc în apele oceanelor, pînă în dreptul paralelei de 40° în emisfera nordică și de 36° în cea sudică. Această gheață rezultă în urma înghețării la sol a apei de precipitație, la care se adaugă și zăpada. Acumulări masive ale unei astfel de gheți la suprafața uscatului din zona polară alunecă

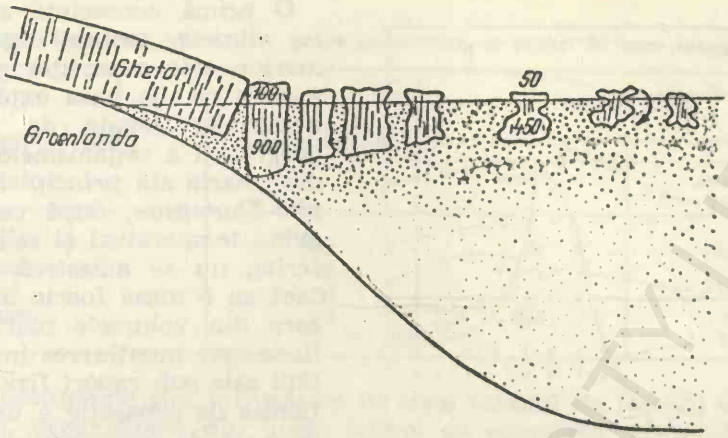


Fig. 150. Formarea munţilor de gheaţă.

spre ocean sub presiunea propriei sale greutăţi. La contactul cu apele libere, masivul de gheaţă se rupe, iar apoi, prin intermediul curenţilor, fragmentele sînt antrenate spre ecuator (fig. 150). Asemenea formaţiuni poartă denumirea de „munţi de gheaţă" *(iceberguri)*. Blocurile de gheaţă pot avea uneori în secţiune pînă la 1 000 m. Datorită densităţii lor ceva mai mică decît a apei de mare (0,917), se scufundă în cea mai mare parte (cu 9/10 din volum) în apă, devenind astfel extrem de periculoşi pentru navigaţie. Prin volumul mare de apă dulce, cît şi prin răcirea apelor superficiale în zonele de contact, icebergurile modifică densitatea, viscozitatea şi salinitatea apelor oceanice.

Acţiunea temperaturii asupra organismelor marine

Pentru organismele vii există anumite intervale de temperatură în interiorul cărora se poate desfăşura întregul ciclu biologic al genului sau al speciei. Această caracteristică pare a avea o fundamentare genetică. Intervalele de temperatură cuprind trei momente mai importante şi anume: un *minim*, un *maxim* şi un *optim* de temperatură. Temperatura optimă de dezvoltare este momentul cel mai important. S-a constatat că fiecare specie are adesea un optim propriu de temperatură. Aşa, de exemplu, optimul termic este de 15°C pentru *Ceratium fusus*, 20°C pentru *Ceratium furca*, 24°C pentru *Gymnodinium californicum*. Optimum-ul termic diferă chiar şi pentru aceeaşi specie, în raport cu stadiul de dezvoltare.

Acţiunile exercitate de temperatură asupra organismelor marine pot fi grupate în două categorii, şi anume;

— *acţiuni indirecte*, cînd temperatura poate modifica anumiţi parametri fizici sau chimici ai mediului şi, prin aceştia, activitatea organismelor;

— *acţiuni directe*, prin modificări de natură metabolică la nivelul organismului sau al populaţiei.

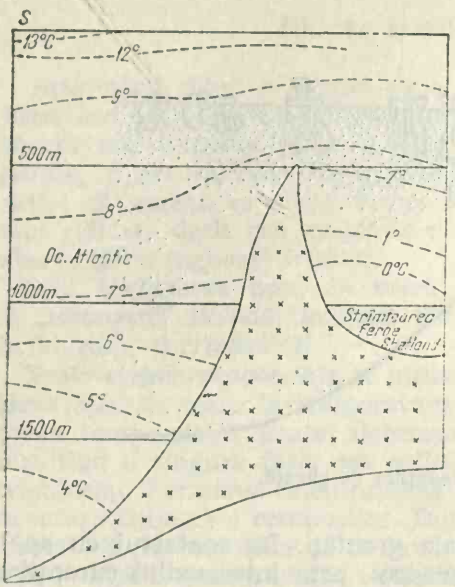


Fig. 151. Bariera termică dintre Feroe-Shetland și Atlantic (după P é r è z).

O primă consecință a acțiunilor directe asupra organismelor marine este repartiția geografică a acestora. La baza explicării fenomenelor legate de repartiția geografică a organismelor în mediul marin stă *principiul lui Wyvile-Thompson,* după care apele, avînd temperaturi și salinități diferite, nu se amestecă între ele dacă au o masă foarte mare. Fiecare din volumele mari de apă tinde spre menținerea individualității sale sub raport fizico-chimic. Limita de separație a unor astfel de mase de apă constituie ceea ce se cunoaște sub denumirea de *barieră termică.* Un exemplu clasic de astfel de barieră îl constituie apele superficiale, situate între insulele Shetland și Feroë, care leagă două mase mari de apă separate între ele printr-o creastă submarină. La sud de creastă apele sînt mai calde, iar la nord mai reci (fig. 151). Din punct de vedere biologic, organismele situate de o parte și de alta a acestei zone sînt complet diferite. Asemenea zone de separație au fost evidențiate și de către cercetătorii japonezi în zona insulelor Honsu (38—40°N). Ca urmare a unor astfel de fenomene, organismele pelagiale se dispun în comunități caracteristice fiecărei zone geografice.

Grupările (comunitatea) organismelor de ape calde, tropicale, se situează între paralelele 30° la nord și sud de ecuator. Fauna și flora este bogată în genuri și specii, dar săracă în număr de indivizi. Foraminiferele, și în special *Tintinoidea,* prezintă aici un mare număr de specii (515 din 705). În bentos, formațiunile de mangrove și de corali sînt caracteristice pentru această zonă de ape.

Comunitatea populației de ape reci, polare, se caracterizează printr-un număr relativ redus de specii, dar printr-un număr mare de indivizi la unitatea de volum (tab. 21). Într-un litru de apă polară se pot număra pînă la 2 500 organisme, pe cînd în apele calde cel mult 700. Unele copepode, cum sînt cele din genul *Calanus* sau euphausiacee, pot apare în masă compactă, ultimele constituind hrana de bază pentru cetacee. Populația fitoplanctonică are o dezvoltare sezonieră, biomasa maximă fiind semnalată în timpul verii polare. Majoritatea formelor bentonice se înmulțesc prin viviparitate și oviparitate cu dezvoltare directă.

Comunitatea organismelor apelor temperate (boreale și australe) are un caracter cosmopolit, în raport cu apropierea de zona apelor calde sau a celor reci. Ritmul sezonier de dezvoltare este caracteristic pentru toate formele superficiale. Maximul de dezvoltare coincide de obicei cu optimul termic.

Tabelul 21

Numărul de specii al citorva grupe sistematice, în raport de zona topografică

Grupul de animale	Regiunea tropicală	Regiunea polară:	
		arctică	antarctică
Tunicieri	563	61	34
Rhizopode	20	2	1
Coralieri	60	—	—
Diatomee	30	260	310

Apele profundale sînt influenţate în mică măsură de factorii sezonieri. De aceea, organismele din apele adînci se comportă cu totul aparte.

Dintre acţiunile directe, cele mai semnificative sînt cele care intervin la nivelul metabolismului. Acţiunea exercitată de temperatură asupra metabolismului animalelor marine a fost evidenţiată prin metode fiziologice, în urma determinării consumului de oxigen şi al coeficientului lui Van't Hoff.

Consumul de oxigen la copepodul *Calanus finmarchicus* la temperaturi de 0, 5, 10, 15 şi 20°C, într-un interval de 4 ore de expunere (fig. 152), scade sau creşte în raport de temperatura optimă de 10°C. Temperaturile mai mari de 20°C sînt letale pentru această specie.

Valoarea lui Q_{10} scade puternic în apropierea temperaturilor maxime suportate de organismele marine. Reprezentarea grafică a fenomenului ne arată că relaţia dintre temperatură şi metabolism, evidenţiată prin *coeficientul Van't Hoff*, nu este o funcţie lineară. La temperaturile maxime suportate de organisme se produc fenomene ireversibile. Concluziile care se desprind din studiul fenomenelor provocate de temperatură asupra consumului de oxigen şi asupra vitezei metabolismului evidenţiază faptul că fenomenele termice nu acţionează izolat ci concomitent cu alţi factori, modificaţi ca urmare a modificărilor termice survenite. Chiar şi organismele poikiloterme au o mare capacitate de a-şi regla metabolismul în cadrul unor limite de temperatură. Deci factorul termic nu determină nici în acest caz răspunsuri proporţionale cu valoarea temperaturii. Factorul temperatură influenţează toate procesele biologice, dar nu în aceeaşi măsură şi în aceleaşi limite.

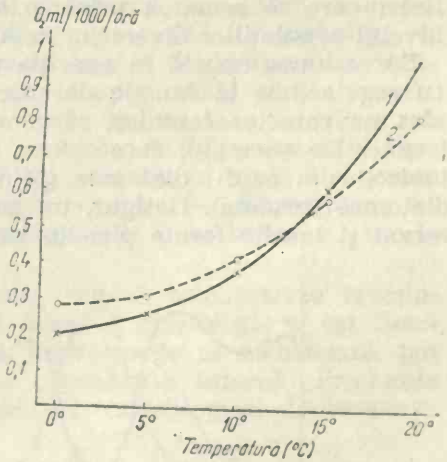


Fig. 152. Consumul de oxigen la *Calanus* în funcţie de temperatură:
1 — Calanus ♂; 2 — Calanus ♀.

A fost evidenţiată o zonă de temperatură medie a mediului ambiant în care consumul de oxigen al orga-

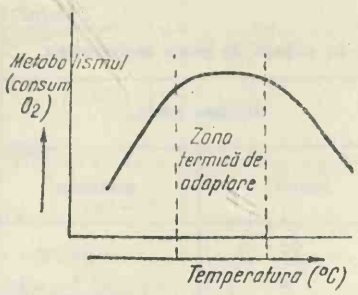


Fig. 153. Zona termică de adaptare.

nismelor este relativ constant. Cum valoarea temperaturii medii variază vara și iarna, rezultă că și valorile limitelor de temperatură între care consumul de oxigen rămîne constant vor varia. Aceste limite termice delimitează așa-numita *zonă termică de adaptare* (fig. 153). În cadrul unui anumit interval de temperatură, nu numai consumul de oxigen este caracteristic, ci și raportul dintre consumul de oxigen și numărul respirațiilor pe unitatea de timp, cantitatea de NH_3 eliminat, care are valoare maximă și coeficientul respirator, care are valoare minimă. Ieșirea organismului din această zonă termică, fie spre suprafață (temperatura crește), fie spre adînc (temperatura scade) este urmată de modificări corespunzătoare ale metabolismului.

Pentru explorarea funcțiilor fiziologice ale organismelor acvatice, cunoașterea acestei zone de stabilitate metabolică relativă este deosebit de importantă. Fenomenul este comun atît organismelor poikiloterme acvatice, cît și celor terestre, numai că la cele acvatice temperaturile limită se situează mai jos pe scara temperaturilor. Variațiile cantitative ale oxigenului din apă intervin de asemenea în fenomen, în sensul că creșterea sau scăderea concentrației gazului în apă poate provoca modificări ale raportului dintre oxigen și respirație.

Temperatura influențează metabolismul ca un factor care fie că accelerează, fie că diminuează procesele de metabolism. Este confirmat de asemenea faptul că, în urma acțiunii temperaturii, organismele marine pot suferi modificări de natură fiziologică care să afecteze chiar morfologia formei.

Variațiile diurne, sezoniere și periodice ale factorului termic, în raport de topografia mărilor și oceanelor, au determinat în timp modificări care se remarcă printr-o serie de caracteristici manifestate la nivelul populațiilor diverselor arealuri marine.

Succesiunea anuală în apariția unor forme planctonice care se repetă cu regularitate în funcție de specificul fiecărui bazin, dar care au mai ales un caracter sezonier, se consideră a se datora mai ales factorului termic. De exemplu, succesiunea în apele temperate a formelor planctonice, cum ar fi: diatomee (primăvara), copepode și peridinee (vara), diatomee (toamna). Desigur, un anumit ciclu de dezvoltare poate fi observat și la alte forme planctonice (fig. 154). Bentosul prezintă, de ase-

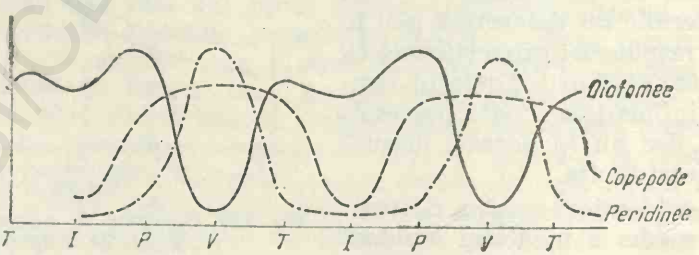


Fig. 154. Succesiunea populațiilor de diatomee, peridinee și copepode, în funcție de sezon.

menea, variații cantitative după sezon. În Marea Mediterană, algele au maximum de dezvoltare la adîncimea de 20 m în lunile februarie — aprilie, iar în lunile mai — iunie la 50 m adîncime. Fauna bentonică a mărilor temperate se apropie vara de țărm, iar iarna, dimpotrivă, se îndepărtează de acesta, unde temperatura poate scădea uneori destul de mult.

Reproducerea se desăvîrșește de obicei în anotimpul cel mai cald. O excepție o reprezintă formele arctice adaptate la condițiile de climat temperat. Ciclomorfoza prezintă, de asemenea, un pronunțat caracter sezonier. Temperatura determină o anumită repetare a ciclurilor de reproducere la organismele care se înmulțesc sexuat și asexuat. În apele reci, reproducerea asexuată este mai puțin frecventă în comparație cu apele calde, unde este un mod de înmulțire preponderent. Alternanța ciclurilor este mai frecventă în apele calde, ciclurile de reproducere fiind mai dese decît în apele reci (fig. 155). Viviparitatea la nevertebrate este cu atît mai frecventă cu cît temperatura este mai coborîtă. Actinia *Taelia crasicornis* este ovipară pe țărmul Franței și vivipară în zona insulelor Spitzbergen.

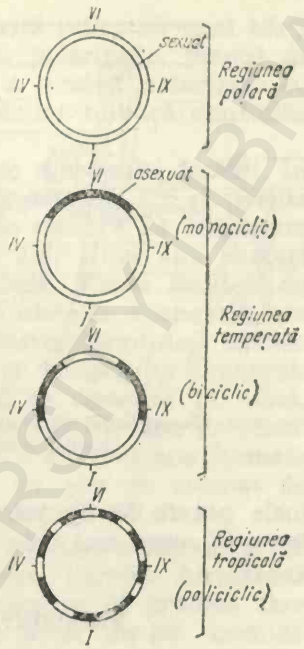


Fig. 155. Alternanța dintre generația sexuată și asexuată în diferite regiuni ale oceanului mondial.

Creșterea intervalului de timp dintre etapele de reproducere, de maturizare sexuală întîrziată, se manifestă mai ales la organisme care trăiesc în condiții de temperatură scăzută (la poli în abis). Consecutiv crește și longevitatea indivizilor și deci și talia. Talia crește probabil și datorită acumulării de materie organică, ca urmare a decalajului dintre procesele de anabolism și catabolism în favoarea primelor, fenomen impus de temperatura scăzută. La speciile care au reprezentanți atît în apele calde cît și în apele reci, se constată că formele ce trăiesc în apele reci au talia de cîteva ori mai mare decît a indivizilor din apele tropicale. Astfel, ostracodul *Gygantocypris* măsoară în Arctica pînă la 38 mm, iar în apele temperate numai 3 mm lungime. Cel mai mare crab cunoscut — *Kaempfferia* — trăiește la temperaturi de 1°C și măsoară pînă la 3 m lățime cu labele întinse (fig. 156).

Față de variația bruscă a temperaturii, organismele marine reacționează prin modificări care afectează și aspectul morfologic și cel funcțional. În general, pentru a supraviețui, organismele se închistează, pot surveni deshidratări sau își simplifică organizația internă. Produsele sexuale și zigoții organismelor din zonele cu variații mari de temperatură sînt rezistente.

Prin adaptări succesive la temperaturi coborîte, o serie de organisme populează gheața banchizei polare, constituind o formațiune denumită *pagon*. În grosimea gheții antarctice au fost descoperite bacterii rezistente la temperaturile coborîte de aici. În zona superficială a zăpezii

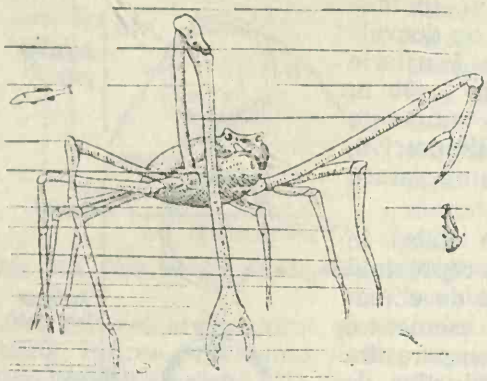


Fig. 156. *Kaempfferia*, crustaceul gigant al abisurilor reci.

polare a fost identificată o asociație ce poartă denumirea de *crioplancton*, constituită din flagelate, alge, viermi și insecte.

În raport de preferințele unor organisme față de mediul cu temperaturi diferite, organismele marine pot fi *euriterme* sau *stenoterme*. Cele euriterme pot suporta variații mari de temperatură. Un astfel de exemplu îl pot constitui algele fixe perene. Stenotermele nu suportă variațiile mari și adesea bruște de temperatură. În funcție de preferințele față de apele reci sau calde, stenotermele pot fi de tip *psicrofil*, cum sînt cele polare și abisale, și de tip *termofil*, cum sînt cele tropicale de suprafață și adîncime mică.

PROPRIETĂȚILE OPTICE ALE APEI DE MARE

Apa de mare este un mediu cu densitate mai mare decît a mediului aerian, cu altă constituție, cu altă stare. De aici rezultă proprietățile optice ale acestui mediu, diferite de ale celui aerian. Sub raport optic, apa de mare poate fi studiată din punct de vedere al transparenței, refracției, polarizației, culorii și a pătrunderii luminii solare în acest mediu.

Transparența (sau *claritatea*). Este proprietatea apei de mare care exprimă valoarea fluxului luminos raportat la unitatea de suprafață. Ea se măsoară în *lucși*. În cazul cînd intervine și conceptul de energie radiantă total disponibilă pe unitatea de suprafață, se utilizează drept unitate de măsură *langleyul* (1 ly = 1 cal/g/cm la 15°C).

Transparența variază în funcție de luminozitate, de unghiul de incidență al razelor solare, de turbiditate și de abundența materiei organice solvate sau sub formă de organisme vii. Transparența variază în diversele bazine: Marea Sargasselor — 66,5 m; Marea Mediterană — 60,0 m; Marea Roșie — 51,0 m; Oceanul Pacific — 45,0 m.

Refracția. Se datorează diferenței dintre densitatea atmosferei și a apei marine. Ca urmare a acestei diferențe, raza de lumină se abate de la direcția normală în funcție de unghiul de incidență. Indicele de refracție al apei marine este dependent de temperatură, densitate și mai ales de concentrația moleculară a mediului. Indicele de refracție pentru apa distilată la 18°C este de 1,33308, iar pentru apa ce conține 35 g sare la litru este de 1,33981.

Indicele de refracție se măsoară cu ajutorul *refractometrului de tip Abbé* sau cu *refractometrul marin al lui Berget*. Pe baza indicelui de refracție se poate calcula cu ușurință concentrația moleculară a mediului marin.

Polarizația. Se produce la suprafața mării datorită reflecției unei părți din lumina incidentă de către oglinda apei. Prin polarizație, planul de vibrație este reprezentat prin axa de propagare a luminii polarizate cu direcție fixă. Polarizarea luminii la suprafața mărilor tulbură claritatea vederii la distanță (scînteieri).

Culoarea. Această însușire variază în funcție de mai mulți factori. În general, culoarea mărilor este albastră. Culoarea cerului, cît și poziția astrului deasupra orizontului fac ca variațiile de culoare să manifeste multe nuanțe, chiar în cursul unei singure zile. Dar chiar sub aceeași porțiune de cer, nu toate mările au aceeași culoare. Marea Baltică, cu apele mereu răscolite pînă la fund și cu bogăție mare în suspensii, are culoarea gălbuie sau cenușie-închisă, și la fel Marea Nordului. Mările polare au culoare verzuie, datorită vegetației și compușilor minerali aflați în suspensie. Organismele vii, atunci cînd se dezvoltă în masă, dau apei culoarea pe care o au acestea. În strat subțire, apa de mare apare incoloră. Culoarea se determină cu ajutorul unor etaloane formate din amestecul unei soluții de sulfat de cupru cu alta de cromat de potasiu și compararea lor cu o coloană identică de apă de mare.

Pătrunderea luminii în mediul marin. Este un proces complex și de mare însemnătate pentru viața din mări și oceane. Lumina furnizează energia necesară pentru desfășurarea tuturor lanțurilor de procese care fac posibilă menținerea și dezvoltarea vieții în acest mediu. Lumina pătrunsă în apă provoacă încălzirea acesteia și fenomene chimice (fotochimice). De exemplu, lumina pătrunsă în mediul marin furnizează energia necesară fotosintezei, acționează asupra organismelor, provocînd fenomene fototactice. Migrațiile pe verticală ale zooplanctonului sînt explicate pe aceste baze. Rezultă, deci, că de lumină depind multe din manifestările de bază ale organismelor vii din mediul marin. Lumina influențează distribuția vieții și intensitatea de desfășurare a proceselor biologice în general. În ansamblul său, factorul lumină nu poate fi separat de restul factorilor care acționează în mediul marin.

Pătrunderea luminii prezintă două aspecte, și anume: un aspect *cantitativ* și altul *calitativ*.

Pătrunderea luminii albe

Sursa de lumină este Soarele, ale cărui radiații ating suprafața mării sub un unghi de incidență variabil, în funcție de poziția astrului față de verticala locului. Se cunoaște faptul că cu cît unghiul de incidență este mai mare, cu atît se va reflecta o *cantitate* de radiații mai mare, deci vor pătrunde în apă cu atît mai puține radiații (fig. 157).

Rezultă că atunci cînd radiațiile cad perpendicular pe suprafața apei reflecția este cea mai redusă, iar cantitatea de lumină pătrunsă în apă este maximă. Cantitatea de lumină ce atinge suprafața mării în zonele temperate este diferită și în funcție de anotimp, deoarece durata zilei variază aici cu sezonul. Măsurătorile lui J. D. H. Strickland (1958), făcute la paralela de 48°N, au evidențiat în luna iunie 805 ly/zi, iar în decembrie numai 160 ly/zi. Nebulozitatea reduce, de asemenea, mult

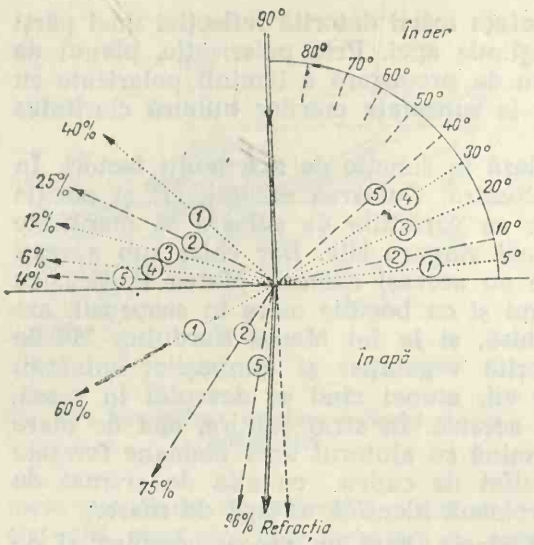


Fig. 157. Reflecția și refracția luminii în apa de mare, în funcție de unghiul de incidență.

din valoarea fluxului luminos incident; impuritățile din atmosferă produc un fenomen similar.

Pierderea de energie luminoasă datorită reflexiei și polarizației la suprafață este în medie de 15%, dar această pierdere depinde de starea de agitație a apei. Cînd suprafața mării este perfect plană, liniștită, prin reflexie și polarizație se pierd 5% din radiația incidentă; în cazul creșterii agitației provocată de un vînt slab pierderea este de 17%, iar în caz de vînt puternic ajunge la 30%.

Lumina pătrunsă în apă interacționează cu moleculele de apă și cu cele dizolvate în mediu, iar ca rezultat radiația este anihilată, transformîndu-se în alte tipuri de energie. Această pierdere de energie, mai exact acest transfer de energie, se face pe parcurs, adică treptat. Relația de dependență dintre lumina incidentă și „pierderea" pe parcurs se măsoară prin așa-numitul *coeficient de estincție* (K_0), care poate fi calculat utilizînd relația dintre intensitatea radiației de o anumită lungime de undă la diverse planuri și intensitatea de la suprafață. Coeficientul de estincție depinde în mare măsură de factorii care intervin în dispersia și absorbția luminii. Între acești factori, următorii sînt cei mai importanți: moleculele de apă; materia organică solvată; dispersoizii de natură anorganică; organismele vii.

Relația dintre valorile lui K_0 și cantitatea de particule dizolvate este lineară, pînă la o concentrație a mediului de 10 g/l săruri. Măsurătorile făcute în apele Peninsulei Scandinave au dat următoarele valori pentru K_0: în apropierea coastelor 0,9; zona de coastă, dar în ape adînci, 0,15; zona de larg, cu ape limpezi, sub 0,15.

Deci, cu cît apele sînt mai limpezi, cu atît coeficientul de estincție este mai mic, iar lumina pătrunde mai adînc în mediu. În practică, studiul pătrunderii luminii în mediul acvatic se complică datorită difuziunii luminii încă în atmosferă (vapori de apă) și a faptului că această lumină difuză pătrunsă în apă suferă același proces de estincție.

Lumina pătrunde în apă sub forma unui „con de lumină". Ca atare, drumul parcurs de radiațiile solare pentru atingerea unui anumit punct din adîncime nu este același. Razele care cad perpendicular nu se refractă sau se refractă puțin; ele străbătînd mediul în linie dreaptă, pătrund mai adînc decît cele care cad oblic și sînt puternic refractate

(fig. 158). Tot datorită acestui fapt, durata zilei variază la anumite adîncimi. Măsurătorile făcute în portul Madera au arătat că, pentru o zi de 11—12 ore la suprafață, corespunde una cu o durată de 8 ore la 20 m adîncime și de 5 ore la adîncimea de 30 m. Din aceste motive, durata activității în apă pentru scafandrii în Mediterana orientală este de numai 2 ore (între orele 11—13), la adîncimea de 40 m (fig. 159).

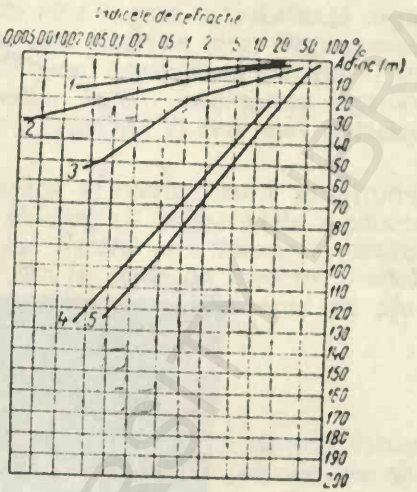


Fig. 158. Fenomenul de pătrundere a luminii în apa de mare, în zone diferite ale oceanului:
1 — Golful Woods' Hole; *2* — țărmul Americii; *3* — golful Mexic, în apropierea vărsării Fl. Mississippi; *4* — Marea Caraibilor; *5* — Marea Sargassum (după K l a r k e, 1939).

Pentru studiul cantitativ al pătrunderii luminii în mediul marin se apelează și la fenomene biologice. Prin *profunzime de compensație* se înțelege adîncimea la care cantitatea de radiații pătrunsă asigură o fotosinteză de un grad care să satisfacă cerințele metabolice curente ale plantei fotosintetizante, adică atît cît planta sintetizează, tot atît și consumă. Intensitatea de compensație este relativ mică ($3—7 \cdot 10^{-1}$ ly/minut), dar se știe că în procesul fotosintetic eficiența procesului se manifestă și la lumină slabă (100—300 lucși). Creșterea iluminării peste anumite limite determină inhibarea procesului. Trebuie avut în vedere aici și temperatura, deoarece s-a constatat că Q_{10} al fotosintezei este de 2,5 pentru temperatura de 5—10°C, creșterea acesteia diminuînd cantitativ procesul.

Penetrabilitatea diferitelor radiații ale spectrului

Atunci cînd se cercetează aspectele *calitative* ale pătrunderii luminii, se are în vedere gradul cu care sînt absorbite diferitele radiații ale spectrului în raport de adîncime și de starea fizică a mediului.

Se acceptă astăzi că absorbția radiațiilor luminoase de către apa mării este cu atît mai rapidă, cu cît lungimea de undă este mai mare. Astfel, radiațiile infraroșii cu lungime de undă mai mare de 10 000 Å sînt total absorbite de pătura superficială de apă (10 cm). Cele roșii pătrund pînă la cel mult 15 m adîncime, fiind puternic diminuate începînd cu adîncimea de 2 m. Radiațiile cu lungimea de undă sub 5 000 Å parcurg distanțe mai mari. Coeficientul de estincție pentru radiațiile de lungime de undă sub 5 000 Å crește datorită particulelor în suspensie. Practic, s-a demonstrat că anionii și cationii nu absorb în cantitate apreciabilă decît radiațiile cu lungime de undă mai mică de 3 400 Å. Materia organică în cantități mici are o acțiune de creștere a coeficientului de estincție pentru spectrul albastru și ultraviolet. După aprecierile lui V. S t r i c k l a n d, radiațiile din spectrul verde au condiții mai favorabile de pătrundere în apele litorale, pe cînd cele albastre în

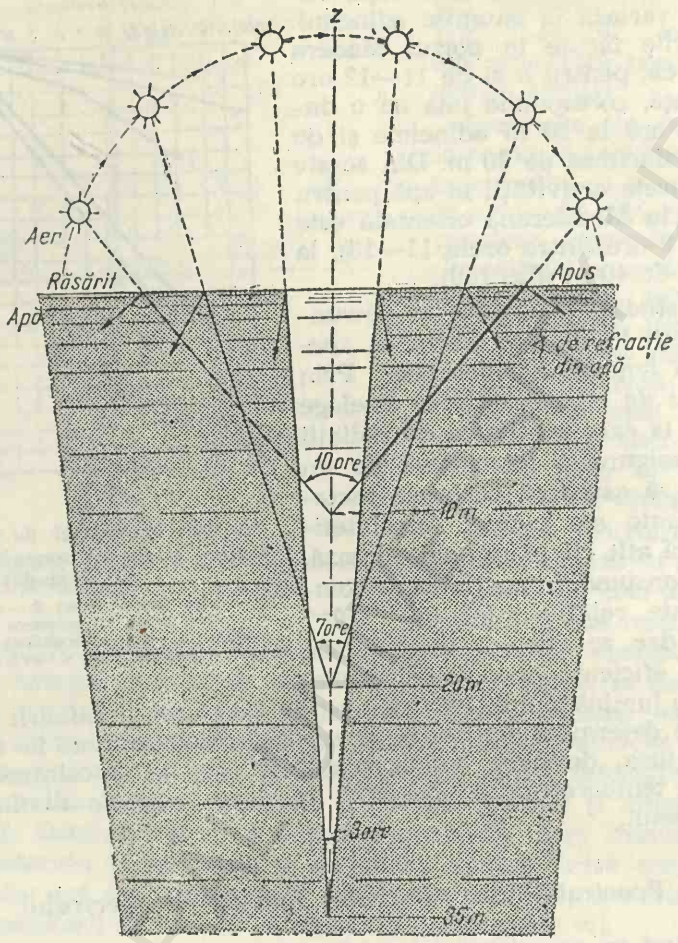


Fig. 159. Durata zilei în funcție de adîncime.

apele de larg. Diferența de absorbție de către apele de larg și cele litorale se datorează prezenței în apele litorale a unei substanțe de nuanță galbenă și de natură puțin precizată („pigment" galben), care se pare a fi de natură organică (proveniență vegetală).

Prezența organismelor vii determină mari modificări în absorbția radiațiilor luminoase. Prezentăm mai jos situația măsurătorilor făcute în zona portului Plymouth:

% absorbție	în radă	La 100 mile de port
50	2 m adîncime	4,5 m adîncime
75	4,5 m adîncime	9,5 m adîncime
90	8,0 m adîncime	17,0 m adîncime

Rezultă că în rada portului, unde apele sînt bogate în substanțe organice și organisme, absorbția se face mai rapid decît în larg. Organismele vii contribuie la absorbția radiațiilor fie prin organismul ca atare, fie prin substanțele care le evacuează în mediu. Astfel, substanțele organice de tip humic, în cantitate mare în zona litorală, ar fi cele mai eficiente în absorbția radiațiilor luminoase.

Tehnica de măsurare a absorbției luminii a evoluat mult în ultimul timp. Astăzi se utilizează atît metodele clasice, cît și metodele moderne pe bază de efecte fotoelectrice. *Discul lui Secchi* este folosit și astăzi, dar se aduc valorilor obținute cu acest disc o serie de corecții. Astfel, J. D. H. Strickland propune o formulă pentru măsurarea cu ajutorul discului a coeficientului de estincție, și anume:

$$K_0 = 1{,}7/D,$$

în care D este distanța în metri la care dispare discul din cîmpul vizual al observatorului. Pentru delimitarea zonei eufotice, se pot, de asemenea, folosi datele obținute cu ajutorul discului. În acest caz,

$$d = 2{,}5 \times D,$$

în care d este adîncimea în metri a zonei eufotice, iar D — adîncimea la care dispare discul Secchi.

Măsurarea absorbției luminii cu ajutorul camerelor fotografice perfecționate a adus modificări însemnate în problema determinării exacte a adîncimii la care pătrund radiațiile luminoase. Plăcile fotografice sînt introduse în conteinere speciale de oțel, prevăzute cu o fereastră dispusă în așa fel încît să fie paralelă cu suprafața mării. În funcție de adîncime și durata imersiei, se determină gradul de impresionare a plăcii. Măsurătorile cu această metodă, efectuate de Helland-Hensen în regiunea Insulelor Azore, au evidențiat înnegrirea plăcii la adîncimea de 500 m, după ce a fost expusă timp de 40 minute. O altă placă, introdusă la 1 000 m adîncime și expusă timp de 80 minute, prezenta, de asemenea, înnegrire. O placă introdusă la 1 700 m și expusă timp de 120 minute nu a fost impresionată. Metoda este însă numai calitativă, indicînd doar adîncimea la care pătrund radiațiile luminoase.

În prezent se folosesc camere fotografice prevăzute cu diverse filtre pentru anumite fracțiuni ale spectrului. Pe astfel de baze s-a demonstrat că radiațiile roșii pătrund pînă la 18 m, cele galbene pînă la 100 m, verzi și albastre la 240 m adîncime. Datele au fost obținute în zona Insulelor Bermude. Sub adîncimea de 240 m, pînă în jurul a 600 m, domină o luminozitate albastră sumbră, iar sub această adîncime pentru ochiul uman începe zona de obscuritate absolută.

Cercetări noi au delimitat zonele batimetrice în raport de pătrunderea luminii. Din acest punct de vedere, în adîncimea oceanelor se disting trei zone caracteristice, cu stări de luminozitate diferite.

Zona fotică sau luminoasă. În profunzime, această zonă este delimitată de adîncimea ce variază între 20—120 m (în medie 50 m). Limita inferioară a zonei este dată de punctul de compensație pentru plantele clorofiliene. La această adîncime, spectrul roșu este total absorbit, iar

spectrul albastru numai parțial. În zona eufotică, plantele cu clorofilă dispun pe toată adîncimea de lumină suficientă pentru desfășurarea normală a procesului de fotosinteză. Extinderea în adîncime a zonei eufotice depinde atît de traiectoria astrului pe bolta cerească, cît și de factorii care reduc sau limitează pătrunderea radiațiilor în mediul marin. Caracteristica principală a zonei o constituie amploarea fluctuațiilor factorilor de mediu care prezintă oscilații diurne și sezoniere.

Zona oligofotică sau crepusculară. În această zonă, spectrul este reprezentat numai prin fracțiunile foarte penetrante. Limita inferioară a zonei se situează în punctul de profunzime maximă la care ochiul uman nu percepe senzația de lumină, în momentul cînd astrul este la zenit. Temperatura zonei este destul de uniformă, atît la scara geografică, cît și anuală. Calmul relativ domnește în această zonă în care mareea și valurile obișnuite nu se resimt. Mult timp această zonă a fost considerată ca fiind lipsită de organisme fotosintetizante. Datele mai noi arată că și aici sînt prezente unele bacterii care sintetizează pe bază de pigmenți asimilatori, cît și cocolitoforidee care posedă pigmenți foarte sensibili la lumină, pe care o utilizează cu maximum de randament.

Zona afotică. Este total lipsită de lumină din exterior. Singura sursă de lumină este cea produsă de organismele posesoare de organe luminoase. Fotosintetizantele lipsesc cu desăvîrșire. Temperatura relativ coborîtă și presiunea crescîndă cu adîncimea caracterizează zona. Apa prezintă un grad mare de imobilitate, curenții semnalîndu-se numai pe alocuri și mai ales pînă la adîncimea de 1 650 m.

Concepția cu privire la comportamentul algelor față de lumină s-a modificat în mare măsură în urma noilor investigații legate de pătrunderea luminii în mediul marin. În raport de pretențiile algelor față de lumină, acestea pot fi grupate în două mari categorii: *alge fotofile*, preferînd luminozitatea mare și *alge sciafile*, care preferă luminozitatea slabă. Intensitatea luminii, cît și durata de iluminare sînt factorii hotărîtori în acest comportament.

În privința pigmenților, deși mulți autori continuă să persiste în părerea că aceștia sînt în raport direct cu nivelul batimetric la care se situează diferitele alge, cercetările lui H. J. Taylor și C. Feldmann au scos în evidență faptul că nu există nici o legătură între culoarea algelor și adîncimea la care trăiesc. Se știe că în Mediterana orientală, alga verde *Palmophyllum crasus* trăiește chiar la adîncimi de 150 m. Lumina pare a favoriza apariția unei anumite pigmentații, dar nu o determină. S-a constatat că lumina intensă face să dispară ficoeritrina, iar lumina diminuată duce la reapariția pigmentului în cazul algei *Gracilaria verrucosa*. După Fr. Biebl, algele prezintă o dublă adaptare, fixată ereditar și anume: una *fizică*, la lungimi de undă scurte sau lungi și alta *fiziologică*, la lumină slabă sau puternică. Diverșii pigmenți asimilatori sînt prezenți la toate grupările de alge, numai că la anumite lungimi de undă domină cantitativ un anumit tip de pigment, clorofilian sau carotenoidic. Amestecul în anumite proporții a pigmenților determină eficiența fotosintetică la anumite radiații luminoase.

Sunetul. Se propagă în apa mării cu o viteză de patru ori mai mare decît în atmosferă, datorită densității crescute a acestui mediu. În medie, propagarea sunetului se face cu 1 500 m/s, dar aceasta poate fi influențată de concentrația mediului, temperatură, densitate și compresiune. Sunetul este mult folosit astăzi în cercetarea adîncurilor mărilor și oceanelor, fie pentru întocmirea hărților fundului marin, fie pentru depistarea aglomerărilor de organisme. În navigație și pescuitul oceanic, sunetul este de mare importanță.

O serie de proprietăți fizice ale apelor marine ca: punctul de congelare, tensiunea de vapori, conductibilitatea electrică se datoresc compoziției acestora în substanțe minerale diferite, concentrației moleculare.

Concentrația moleculară influențează comportamentul apei de mare în ceea ce privește: *a)* punctul de congelare (acesta scade cu creșterea concentrației); *b)* punctul de fierbere (crește cu creșterea concentrației); *c)* presiunea osmotică, tensiunea superficială și viscozitatea (tab. 22).

Tabelul 22

Cîteva caracteristici ale apei de mare în raport cu concentrația moleculară

Concentrația (g/l)	Punctul de congelare (°C)	Punctul de fierbere (°C)	Presiunea osmotică (at)	Tensiunea de vapori scade cu mm
10	—0,534	+100,16	6,44	4,23
20	—1,074	+100,31	12,97	8,27
30	—1,627	+100,47	19,67	12,97
35	—1,910	+100,56	23,12	15,23

Toate aceste modificări, asociate cu temperatura și presiunea hidrostatică, influențează asupra organismelor care populează mediul marin, determinînd adaptări specifice ale acestora în raport cu concentrația mediului.

Concentrația moleculară a mediului influențează și alți parametri, între care comportamentul termic este dintre cei mai importanți. Căldura specifică crește cu creșterea salinității. Apa cu o densitate de 1,020 are căldura specifică egală cu 0,944 cal. și cea cu densitatea egală cu 1,028 are căldura specifică egală cu 0,930 cal. Căldura specifică a gheții este de 0,502 cal. Calculele arată că 1 m^3 de apă de mare cu o salinitate de 35 g/l, răcindu-se cu 1°C, încălzește cu aceeași valoare 3 118 m^3 aer. De aici se vede imensa însemnătate a curenților marini calzi pentru îndulcirea climatului continental. Dilatația termică, ca și conductibilitatea termică, se modifică cu creșterea salinității.

Conductibilitatea electrică este mai crescută decît a apei dulci datorită sărurilor minerale dizolvate. Pe baza *legii lui* Lenhard, care arată că produsul dintre rezistență *(R)* și salinitate este constant *(R×S=K)*, se poate calcula cu ușurință atît salinitatea cît și temperatura, folosind instalații relativ simple de măsurare a rezistenței electrice a apei de mare la o temperatură dată.

Radioactivitatea. Se datorează cantităţilor mici de elemente radioactive naturale dizolvate în apa mărilor. Radioactivitatea naturală este de ordinul a $0{,}25 \times 10^{-12}$ g radiu la un gram săruri dizolvate. Radioactivităţii naturale i se adaugă produşii rezultaţi în urma exploziilor nucleare experimentale făcute în anii din urmă, cît şi unele deşeuri care ajung în aer şi apoi în apă prin precipitare din atmosferă. Aceşti produşi pot rezulta de la industriile nucleare sau de la utilizarea comustibililor nucleari în diverse domenii.

DINAMICA APELOR MARINE

Mişcarea apei marine îmbracă trei forme, şi anume: mişcare sub formă de *valuri,* sub formă de *curenţi* şi sub formă de *maree.*

Valurile. Reprezintă mişcări ondulatorii determinate frecvent şi în mod obişnuit de acţiunea vîntului, care împinge pe direcţia lui de propagare moleculele de apă (fig. 160). Valuri puternice, care cuprind toată masa apei în zona de producere, se mai pot datora şi erupţiilor vulcanice submarine sau cutremurelor de pămînt. În acest caz, oscilaţiile scoarţei terestre din zona de erupţie sau a epicentrului cutremurului provoacă valuri care se propagă radiar în toate direcţiile.

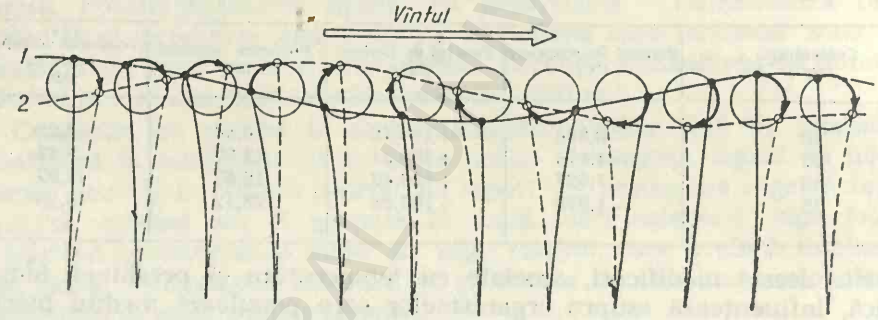


Fig. 160. Formarea valului.

Morfologic, la un val distingem *lungimea de undă,* care măsoară distanţa dintre două creste şi *amplitudinea valului,* care nu este altceva decît distanţa de la bază la punctul cel mai înalt.

Viteza de propagare este distanţa parcursă de o creastă în unitatea de timp şi se măsoară de obicei în m/s.

Perioada este definită ca timpul necesar pentru ca o anumită creastă să ajungă în poziţia crestei următoare. Lovirea valurilor de un obstacol vertical poate determina întoarcerea acestuia pe sensul opus al deplasării valului, producîndu-se în acest caz interferarea valurilor. Din suprapunerea sau ciocnirea moleculelor de apă va rezulta fie o anihilare a valurilor, fie, dimpotrivă, o însumare a lor, însumare care în condiţiile zonelor de larg are ca rezultat creşterea înălţimii valurilor, producîndu-se ceea ce se numeşte „mare demontată", cu valuri enorme, avînd amplitudini uneori de ordinul a zeci de metri. Fenomene de acest gen se produc în zonele cuprinse între două furtuni nu prea depărtate sau în zona ciclonului. Diminuarea forţei vîntului sau inversarea direc-

ţiei acestuia poate duce la diminuarea parametrilor valurilor. În perioada de diminuare a valurilor, pînă la liniştirea lor, se trece prin stadiul de „hulă", aceasta fiind simpla oscilaţie a apei marine.

Valul în general este o mişcare ondulatorie care se propagă pe direcţia de înaintare a vîntului; în acest sens valul nu transportă apă; ca dovadă este faptul că obiectele mai uşoare decît apa plutesc mereu în acelaşi loc. În apropierea ţărmului însă, valul transportă apa, obiectele dinspre larg ajung să fie aruncate la ţărm. Dar sub o anumită adîncime, ce depinde de înclinarea pantei contintentale şi forţa valului, denumită „linia neutră", obiectele de fund nu mai sînt antrenate spre ţărm, ci duse spre adînc (fig. 161).

Forţa de împingere a vîntului este, de asemenea, o cauză a mişcării moleculelor de apă, a deplasării lor pe direcţia de propagare a valului.

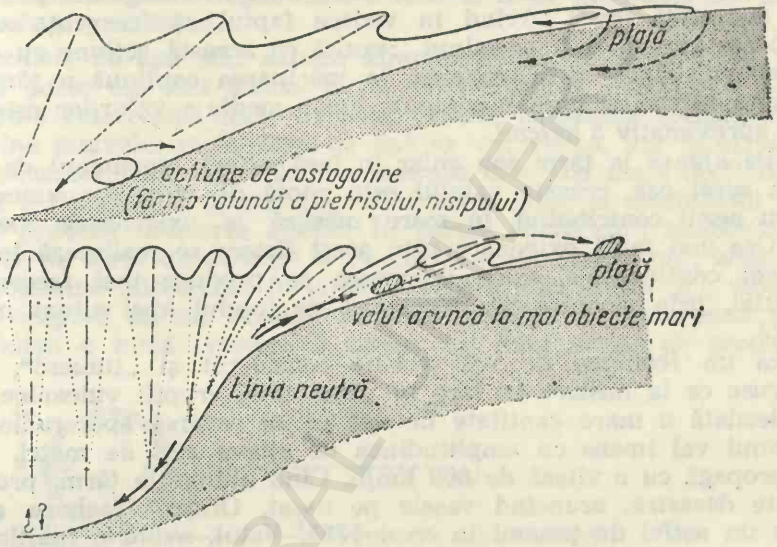


Fig. 161. Acţiunea şi sensul de deplasare a valului la ţărm.

Deşi fenomen de suprafaţă, mişcarea apei se resimte pe adîncime variabilă, în funcţie de tăria factorului care o provoacă. În zona de fund, acţiunea valului se resimte sub forma unei uşoare ridicări a apei din adînc şi, odată cu aceasta, a particulelor fine sedimentate la suprafaţa depozitelor. În zona platoului continental, la adîncimi mai mici de 200 m, acţiunea valului se resimte mai puternic, organismele ce populează această zonă bentonică suferind adaptări caracteristice pentru a putea rezista acţiunii de lovire exercitată deosebit de intens. Valurile de amplitudine mică (3 m) ridică în M. Baltică mîlul de la adîncimi de peste 100 m, iar aspectul gălbui al unor mări ca Marea Galbenă sau Marea Japoniei se datorează tocmai tulburării apei cauzată de valuri. Este foarte adevărat că, pe măsură ce adîncimea creşte, mişcarea provocată de valuri se resimte tot mai slab, pînă la dispariţia totală.

Valurile au amplitudini variabile în funcție de tăria forței care le declanșează și le întreține. Amplitudinea maximă a valurilor în părțile sudice, deschise ale oceanelor, atinge valori de pînă la 16 m, cu lungimi de undă de 800 m. În Atlantic au fost înregistrate valuri avînd amplitudinea de 10 m și lungimea de undă de pînă la 300 m. Se observă că dimensiunile valurilor sînt dependente de spațiul în care se formează: cu cît bazinul este mai mic, cu atît și parametrii valului sînt mai reduși.

Acțiunile valurilor sînt multiple: în primul rînd mișcarea apei acționează asupra părților dure cu care vine în contact. Cea mai puternică acțiune în acest sens este exercitată de valuri asupra țărmului; urmarea acestei acțiuni este antrenarea de material terigen care contribuie la formarea depozitelor de fund. Forța de izbire a valului asupra uscatului este direct proporțională cu masa înmulțită cu pătratul vitezei ($E=m \cdot V^2$) și poate ajunge la zeci și chiar sute de kilograme pe unitatea de suprafață (cm^2). Avînd în vedere faptul că frecvența acestor valuri poate ajunge la 6 pe minut, rezultă că această acțiune cu caracter permanent duce la distrugerea, la măcinarea continuă a țărmului, la fărămițarea rocilor care îl compun. Forța medie a valurilor este evaluată la aproximativ 3 kg/cm^2.

Valurile ajunse la țărm sau chiar în larg suferă fenomenul de spargere; în acest caz, creasta valului este ruptă de vînt, apa amestecîndu-se cu aerul contribuind în mare măsură la oxigenarea mediului marin. Cea mai bună oxigenare prin acest sistem se realizează în zona platformei continentale, unde spargerea se produce mai frecvent și mai brutal, prin ciocnire de stînci sau de fundul apei situat mai la suprafață.

Tot ca un fenomen de val trebuie considerat și „țunami", adică valul brusc ce ia naștere în larg în urma unei erupții vulcanice, care ridică deodată o mare cantitate de apă ce se revarsă apoi radiar sub forma unui val imens cu amplitudinea de cîteva zeci de metri. Acest val se propagă cu o viteză de 800 km/h. Cînd ajunge la țărm, provoacă adevărate dezastre, aruncînd vasele pe uscat. Orașul Lisabona a fost lovit de un astfel de țunami în anul 1755. Valul, avînd o înălțime de 215 m, a provocat distrugeri imense și moartea a peste 40 000 de oameni. Regiunile cu intensă activitate vulcanică sînt cel mai adesea bîntuite de țunami (Japonia, Indonezia).

Amestecul de ape continuu în zona continentală, ca urmare a acțiunii valurilor, este însoțit de aducerea în masa de apă a substanțelor minerale din sedimente, deci mișcarea aceasta contribuie la îmbogățirea apelor situate deasupra platformei continentale în materii nutritive, contribuind astfel la dezvoltarea florei și faunei litorale. Organismele vii, în special bioderma vegetală și animalele fixate pe zonele dure, protejază rocile de acțiunea distructivă a valurilor. Totodată, această acțiune a determinat adaptări specifice ale acestor organisme, în special în sensul fixării trainice de suport și a întăririi părților dure (cochilii, cruste etc.), pentru a rezista la forța de izbire a valului.

Asupra vaselor, valurile pot acționa provocînd *tangajul*, cînd vasul înfruntă valul sau valul are direcția de propagare dinspre partea posterioară spre partea anterioară a vasului, și *ruliul* sau clătinatul lateral, atunci cînd direcția valului este perpendiculară pe direcția de

înaintare a vasului. Ansamblul acestor acțiuni provoacă „răul de mare", senzație neplăcută, datorată excitațiilor vestibulare urmate de amplificarea activității parasimpatice la nivelul organelor interne (se combate prin medicație parasimpaticolitică).

Mareele. Sînt mișcări ritmice ale apelor marine și oceanice care se produc la intervale de 12 sau de 24 ore. Ele se datorează interacțiunii între Pămînt, Lună și Soare. Fenomenul apare sub forma creșterii și descreșterii regulate, la intervale de 12 ore și 25 minute, a nivelului apelor în apropierea țărmului. A surprins încă de la început (din antichitate) coincidența fenomenului cu trecerea Lunii la meridian, care se face la 24 ore și 50 de minute, cît și în momentul cînd luna se găsește exact de partea opusă meridianului locului. Newton, pe bază de calcul, a explicat pentru prima dată din punct de vedere științific fenomenul, formulînd și legile care îi stau la bază, și anume ale *atracției universale* și *gravitației*.

Moleculele de apă sînt supuse atracției Lunii pe de o parte, iar pe de altă parte ele sînt atrase și de către Pămînt, datorită gravitației. Rezultanta celor două forțe de sens contrar constituie tocmai forța ce determină mareele; moleculele de apă se vor ridica, vor fi atrase spre Lună, deoarece forța de atracție a acesteia este mai mare decît forța de atracție a Pămîntului (gravitația). Cînd Luna trece la meridianul locului (*M*), se produce creșterea apelor. În partea opusă (*M'*) moleculele sînt solicitate de forța de atracție a Pămîntului, cît și a Lunii; aceasta din urmă acționînd micșorează forța de atracție a Pămîntului (*p'*); moleculele de apă scăpînd de sub această forță de atracție vor determina la contrameridian o nouă creștere a apelor. În felul acesta se produc cele

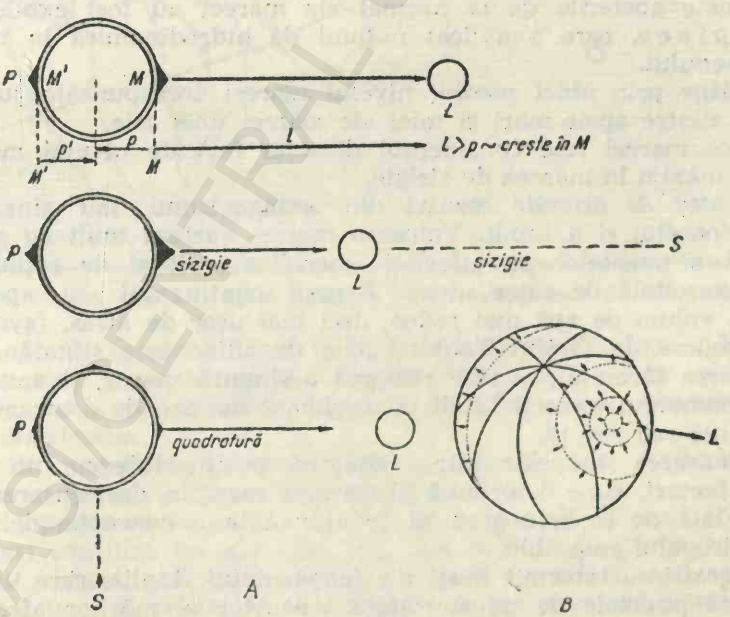


Fig. 162. *A* — explicarea fenomenului de maree; *B* — conul mareelor la zenitul Lunii.

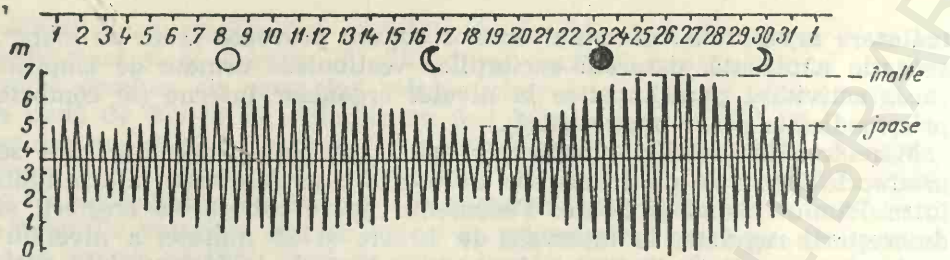


Fig. 163. Oscilația nivelului mareei, în funcție de fazele Lunii (după D i e t r i c h și K a l l e, 1965).

două maree zilnice (fig. 162). Soarele, la rîndul său, exercită de asemenea o acțiune de atracție asupra Pămîntului. În condițiile în care Pămîntul, Luna și Soarele se află pe același ax, la forța de atracție a Lunii se asociază și forța de atracție a Soarelui, producîndu-se astfel mareea maximă sau de *sizigie*. Datorită apropierii Lunii relativ mare de Pămînt, comparativ cu Soarele, forța de atracție exercitată de Lună este de 2,18 ori mai mare decît cea exercitată de astru, deși volumul acestuia este incomparabil mai mare. Creșterea minimă se produce atunci cînd axa perpendiculară a Soarelui face unghi drept cu planul sistemului Pămînt — Lună: este așa-numitul moment al *quadraturei;* în acest caz, Soarele, prin atracția lui, determină scăderea nivelului apelor (fig. 163).

Pe bază de calcul s-a demonstrat că înălțimea mareei variază destul de mult. Astfel, în larg, înălțimea maximă este de 60 cm, pe cînd la țărm poate ajunge în unele locuri pînă la 15 m în timpul mareei de sizigie. Toate abaterile de la normal ale mareei au fost explicate de către L a p l a c e, care a aplicat noțiuni de hidrodinamică în explicarea fenomenului.

Se înțelege prin *nivel mediu,* nivelul mareei corespunzător jumătății diferenței dintre apele mari și mici ale mareei unei zile.

Înălțimea mareei este considerată distanța față de nivelul mediu al punctului maxim în mareea de sizigie.

Coeficientul de atracție rezultă din antagonismul sau sinergismul atracției Soarelui și a Lunii. Valoarea mareei variază mult cu situarea geografică a punctelor pe diferitele meridiane, cît și de acțiunea de atracție exercitată de către uscat. Platoul continental, cu ape puțin adînci, cu volum de apă mai redus, deci mai ușor de atras, favorizează maree maxime. În Golful Tonkin, zona de adînc este situată imediat în apropierea țărmului; aici se remarcă o singură maree, și anume cea dată de momentul trecerii Lunii la meridian; mareea de contrameridian fiind absentă sau redusă.

În declanșarea mareelor într-o anumită poziție intervin un număr mare de factori, care determină și variații mari în desfășurarea fenomenului; iată de ce este greu să se ajungă la o concepție de sinteză asupra întregului ansamblu.

Oceanografii au întocmit hărți ale fenomenului. Liniile care unesc pe hartă toate punctele de pe suprafața oceanelor și mărilor afectate la aceeași oră de flux poartă denumirea de *cotidale* și au fost introduse

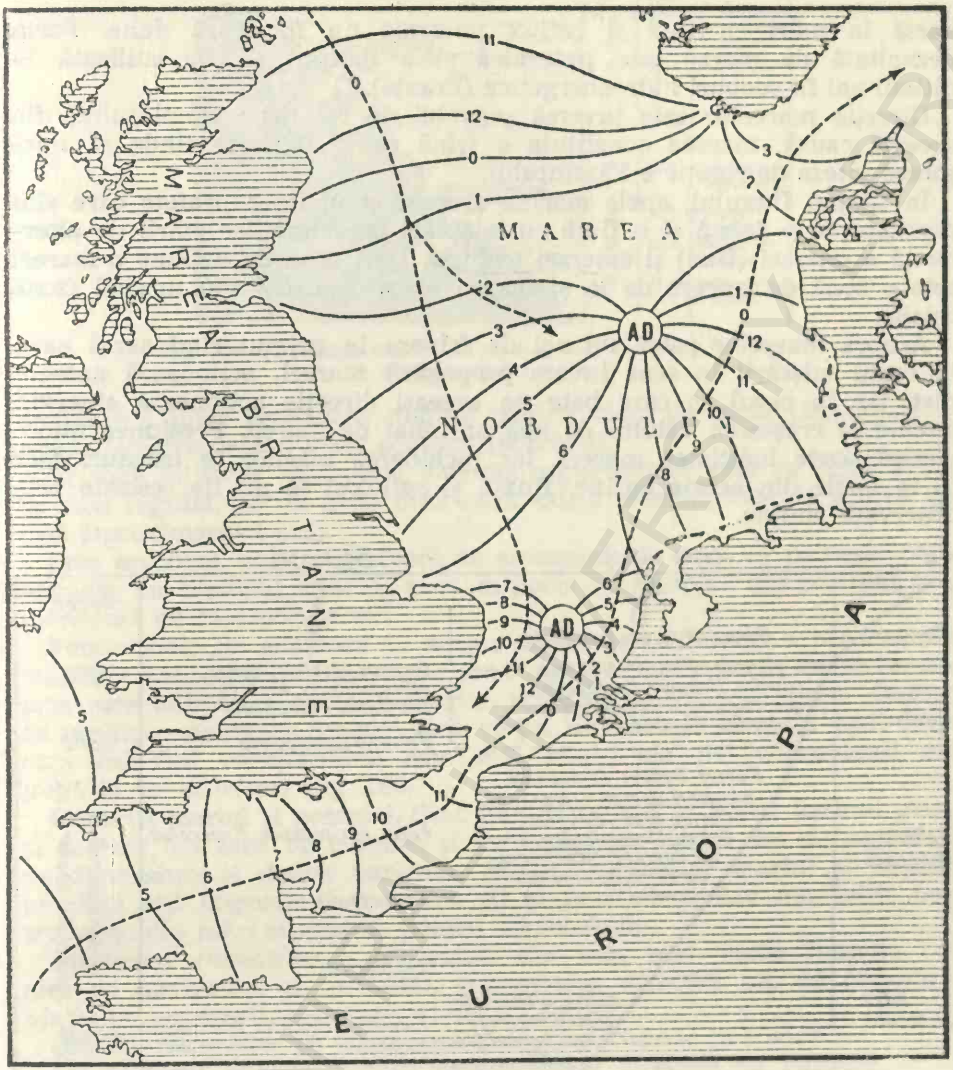


Fig. 164. Cotidalele în zona Mării Nordului. (Cifrele arată orele de maree maximă).

în oceanografie de către englezul A. S. Wheawel în anul 1833. Cotidalele nu au un mers paralel, ci sînt mult deviate de către uscat (fig. 164). În largul mărilor, mareele converg spre anumite puncte numite *amfidrome*.

Acțiunile exercitate de către flux și reflux sînt multiple; dintre acestea vom menționa cîteva mai importante.

Mareele provoacă în golfuri curenți pe orizontală. Fluxul aduce spre uscat mari cantități de apă din larg, apă care împinge pe canele sau estuare o parte a apei existente. În perioada de reflux, apa se retrage. În acest sistem de revărsare și retragere, apa antrenează particule materiale în suspensie mai ales spre larg; pentru aceasta fluviile care se

varsă în mări cu flux și reflux puternic nu formează delte. Forța dezvoltată de maree este puternică și a început să fie utilizată în ultimii ani în scopuri hidroenergetice (Franța).

Direcția mareelor este inversă sensului de rotație a Pămîntului; din această cauză, mareea constituie o frînă continuă, care tinde să micșoreze viteza de rotație a Pămîntului.

În timpul fluxului, apele marine acoperă anumite suprafețe care sînt populate de o faună și o floră cu adaptări caracteristice stării de alternanță a imersei (flux) și emersei (reflux). Deci zona de acțiune a mareei este o zonă de trecere de la și înspre viața de uscat sau marină (zonă tidală).

Asupra mareelor joacă un rol de frînare în primul rînd aerul care, în cazul mișcării în sens invers propagării mareei, acționează antagonist, iar în cazul în care bate pe aceeași direcție acționează sinergic, ducînd la creșterea valului de apă antrenat de maree. Presiunea atmosferică scade înălțimea mareei, iar închiderea mărilor în uscaturi face ca în unele din aceste bazine, fluxul și refluxul să nu fie sesizate prin observații simple.

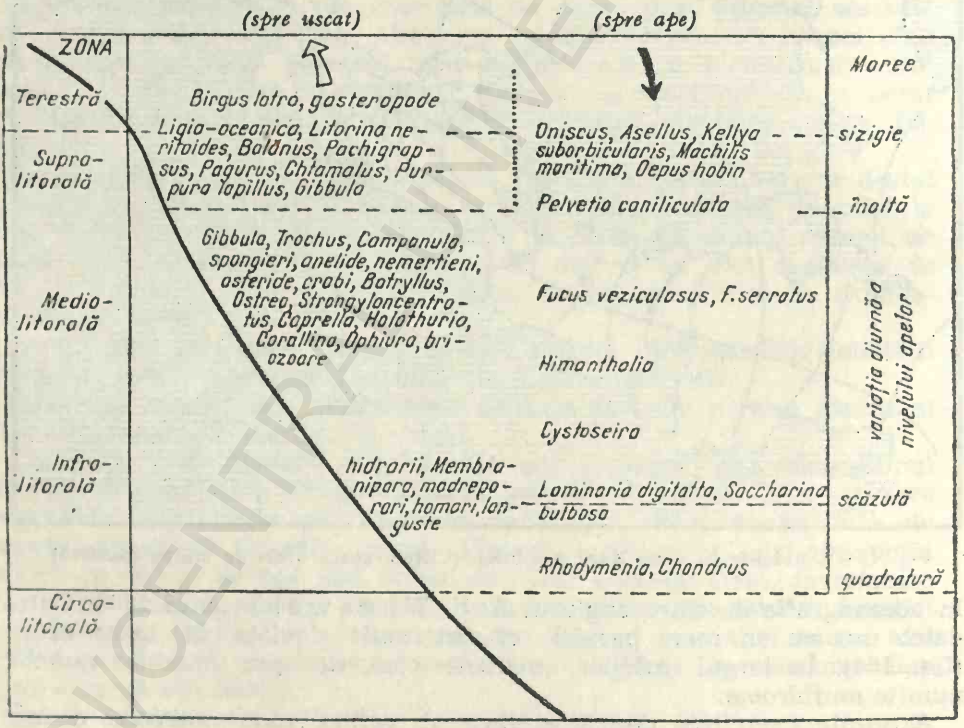


Fig. 165. Repartiția organismelor în zona tidală.

Organismele din zona de maree sau din etajul mediolitoral (regiunea tidală) au o anumită zonare pe verticală, după rezistența pe care o au față de emersie (fig. 165). Unele din ele pot trăi la partea superioară a zonei tidale, acolo unde apa atinge fluxul maxim timp de 1 oră. Această zonă superioară tidală are o mare importanță în procesul de

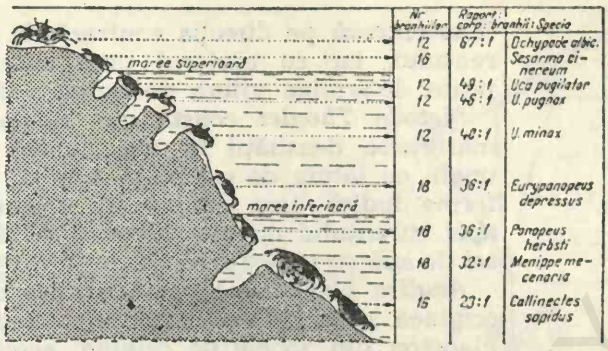


Fig. 166. Repartiția crabilor în zona tidală, în funcție de raportul dintre corp și branhie.

adaptare a unor organisme marine pentru viața de uscat (*Lygia*) sau a unora terestre pentru viața acvatică (acarieni).

În zona mijlocie, imersia și emersia organismelor este de circa 3 ore, în mod regulat, iar în zona inferioară tidală emersia este de scurtă durată (aproximativ 1 oră).

Prin analogie, zona superioară se aseamănă, în ceea ce privește organismele, cu biotopul stîncos, zona mijlocie cu biotopul nisipos, iar zona inferioară cu biotopul de mîl.

Fenomenele de adaptare în zona tidală (mediolitorală) a oceanelor și mărilor sînt deosebit de importante pentru înțelegerea mecanismelor prin care animalele acvatice marine pot trăi la aer sau invers. O serie de moluște, de crabi terestri, pot viețui un anumit timp în apă. După cum raportul corp/branhie este mai mare, ele pot supraviețui mai puțin la aer și invers (fig. 166).

Curenții marini și oceanici. Sînt fluxuri de apă în însăși bazinul marin și oceanic, cu sens de curgere și cu poziție de adînc sau de suprafață, de dimensiuni și debite variabile. Studiul curenților marini și oceanici prezintă atît importanță teoretică cît și practică pentru navigație, pentru viața din mări și oceane, pentru climatologie.

Studierea curenților a preocupat din cele mai vechi timpuri mai ales pe navigatori și, probabil, cunoașterea direcției lor de curgere a ajutat pe temerarii descoperitori de noi teritorii.

Studiul curenților se efectuează prin următoarele procedee:

Cu ajutorul busolei, pentru determinarea direcției de curgere.

Cu ajutorul unor butelii, al unor *sfere de cupru* plutitoare, pentru determinarea vitezei de curgere; aceste dispozitive sînt astfel construite încît să plutească la un anumit nivel, în așa fel ca să nu fie antrenate de curenții de aer și să poată fi observate de pe vase.

Flotoarele Mittschell, utilizate în studiul curenților de adîncime. Aceste flotoare constau dintr-un dispozitiv ce se afundă la o anumită adîncime și care este antrenat de forța de împingere a curentului de apă. Flotorul, situat la suprafață, semnalizează poziția dispozitivului. Cu ajutorul unor astfel de flotoare se poate determina întinderea, direcția și viteza curentului de adîncime (fig. 167).

Curentometrele, aparatură complexă dotată cu dispozitive pentru înregistrarea diferiților parametri ai curentului. Aripioarele dispozitivului

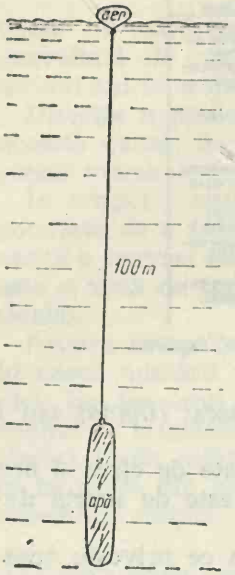


Fig. 167. Flotor Mittschell.

îl orientează pe direcția contrară de curgere a curentului, iar cu ajutorul unei elice etalonate se poate determina viteza de curgere (fig. 168).

Metoda Thoulet constă din luarea de probe și măsurarea densității în trei puncte ale unui triunghi cu latura de cel puțin 1 milă. Densități uniforme indică lipsa curentului, deoarece densitatea apei curentului nu este identică cu densitatea masei de apă pe care o străbate.

Analiza planctonică poate furniza date legate de originea și întinderea curentului, acesta antrenînd plancton din zonele de origine; acest plancton va diferi de cel din zonele pe care le străbate.

Hărți speciale indică astăzi curenții care brăzdează suprafețele și adîncimile oceanelor (fig. 169). Curenții se îndreaptă în direcții diferite, în funcție de cauzele care îi determină și de sensul, de direcția de acțiune a forței. Astfel, curenții calzi iau direcția de la ecuator spre poli, în sensul sud-nord în emisfera nordică și nord-sud în emisfera sudică. Alizeele par a fi cauza care dă naștere curenților ecuatoriali; de aceea, la început, apele sînt împinse spre apus paralel cu ecuatorul, iar ulterior, datorită intersecției cu masele continentale, se dirijează în sensul nord — nord-vest, respectiv sud — sud-vest.

În afara curenților calzi, cu origine în zonele intertropicale, dinspre poli înaintează spre ecuator curenți de sens invers, reci, care transportă apele reci de-a lungul coastelor sau în interiorul oceanelor, ajungînd în unele cazuri să interfereze cu curenții calzi.

Cei mai importanți curenți oceanici sînt:

1. **În Atlantic.** *Curentul Golfului* („Golf Stream"), care ia naștere pe coasta apuseană a Africii, curge un timp paralel cu ecuatorul, apoi este deviat de coastele americane înspre Golful Mexic, de unde iese prin Strîmtoarea Florida, se angajează prin jgheabul Bermudelor pînă în dreptul capului Hatteras și apoi se îndreaptă spre est, traversînd Oceanul Atlantic și despărțindu-se în mai multe brațe: unul spre Islanda, altul spre coastele Norvegiei și, mai înspre nord, spre Marea Barenț, altul se pierde în Golful Gasconiei și apoi coboară spre Insulele Canare (fig. 170).

Curentul golfului are la ieșirea din strîmtoarea Floridei o viteză de 8 km/oră și transportă 90 milioane metri cubi de apă; în dreptul capului Hatteras, curentul are o lărgime de 200 km și o adîncime de circa 200 m, cu o viteză de 5 km/oră. El poate fi considerat, în anumite privințe, ca cel mai mare „fluviu" al lumii care, însă, curge într-un mediu lichid.

Temperatura apelor lui este în medie cu 10°C superioară celei a apelor prin care trece. Curentul Golfului transportă zilnic o cantitate de 40×10^{18}kcal. Aerul de deasupra lui se încălzește și, atunci cînd curentul de apă lovește țărmurile Europei, aerul de deasupra continuă mersul său deasupra continentului nostru, aducînd căldură și vapori de apă care, prin precipitare, vor asigura ploile ce cad regulat pe continentul

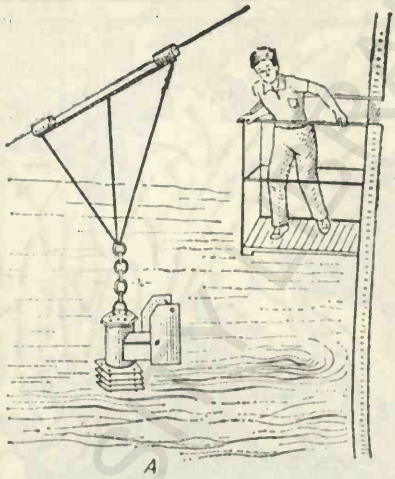
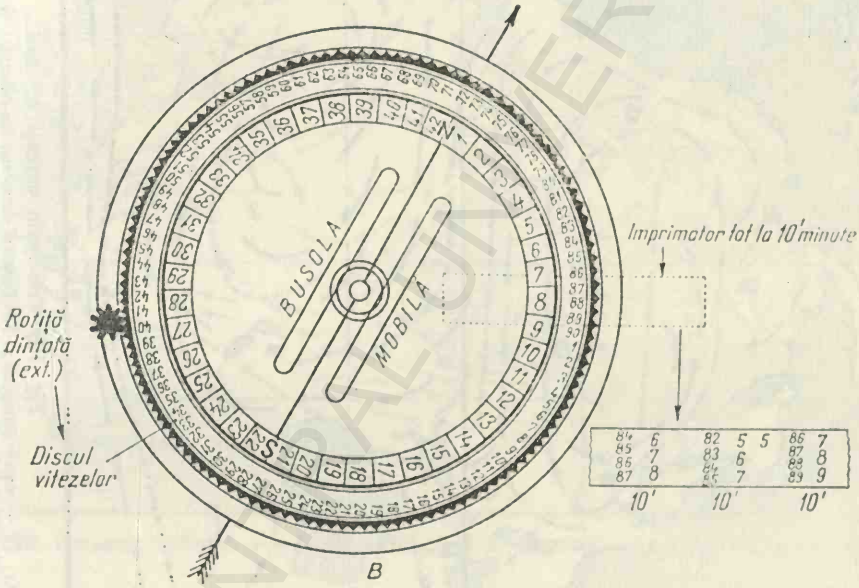


Fig. 168. Curentometrul Alexeev:
A — manipularea curentometrului de pe puntea vasului de cercetare; *B* — schema dispozitivului de înregistrare a vitezei și direcției curentului marin.



nostru. Climatul temperat al Europei se datorează aproape în întregime efectelor Curentului Golfului.

În partea de nord a Oceanului Atlantic, între Islanda și Groenlanda, coboară un curent rece, *Curentul Labradorului*, care aduce ape reci din regiunea Oceanului Înghețat de Nord. Ca urmare, cu toate că localitățile New York și Brest se găsesc la aproximativ pe aceeași latitudine, uneori apa din portul New York îngheață complet, pe cînd la Brest cresc palmieri.

În Atlanticul de Sud, un rol asemănător îl joacă *Curentul Braziliei*, care vine din regiunea ecuatorială a Africii, se îndreaptă spre coastele Braziliei și curge în lungul acestora pînă aproape de Rio de Janeiro

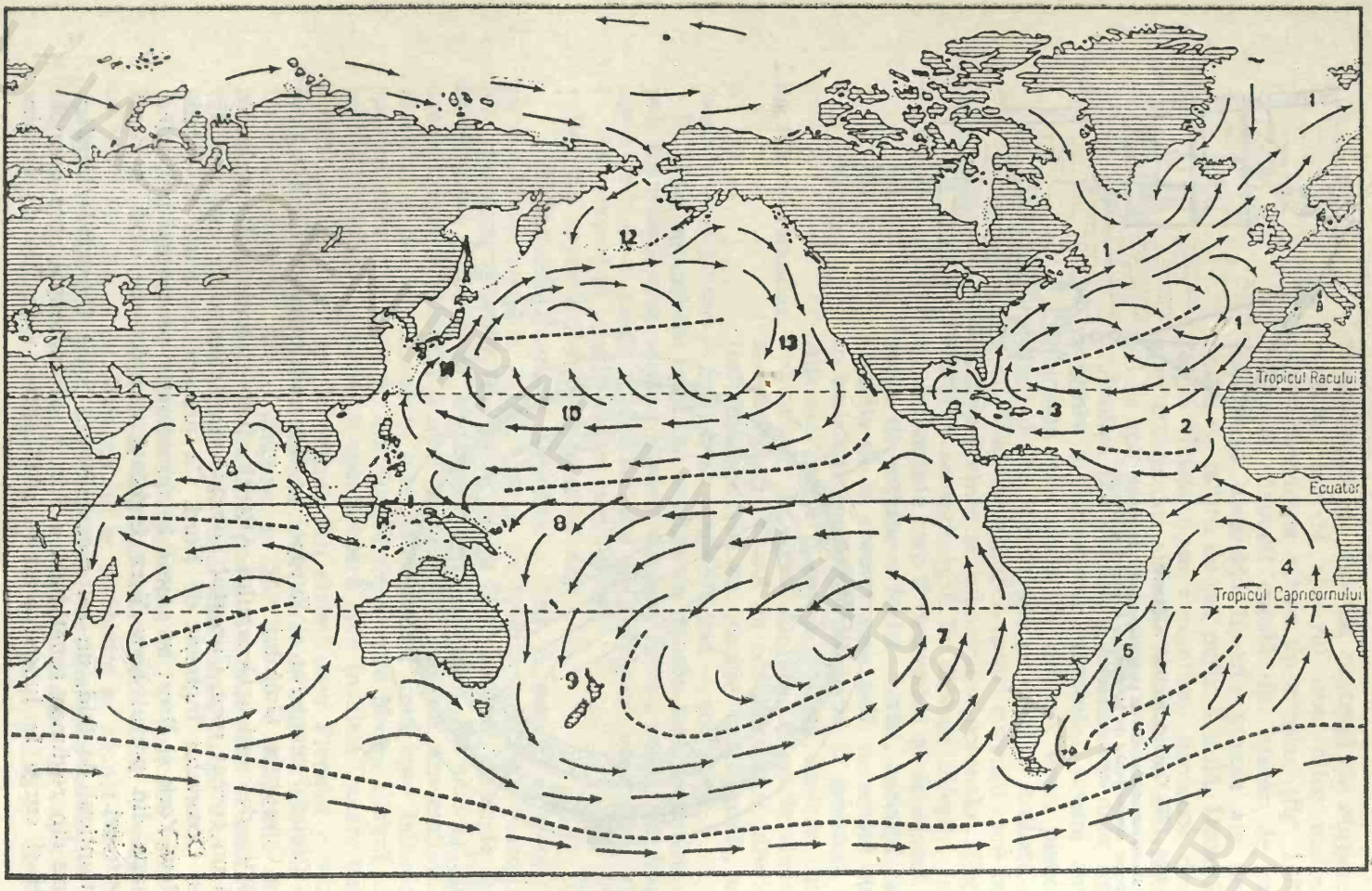


Fig. 169. Principalii curenți oceanici:

1 — Curentul golfului; *1'* — ramura Barentz; *1''* — ramura Canarelor; *2* — Curentul ecuatorial din Atlantic; *3* — Curentul Antilelor; *4* — Curentul Guineei; *5* — Curentul Braziliei; *6* — Curentul Falkland; *7* — Curentul Humboldt; *8* — Curentul sud-ecuatorial Pacific; *9* — Curentul Noii Zeelande; *10* — Curentul nord-ecuatorial Pacific; *11* — Curentul Kuro-Siwo; *12* — Curentul Oyashio; *13* — Curentul Californiei.

Fig. 170. Curentul Golfului. ⟶ ape calde; ⟶ ape reci. (după Nikiforosvki).

unde întîlnește un alt curent rece dinspre sud *(Curentul Falkland)* și, intrînd în acesta, se reîntoarce pentru a forma *Curentul Bengalului* și apoi *Curentul Guineei.*

2. **În Pacific.** Curentul cald cel mai important este *curentul Kuroshivo,* care este continuarea *Curentului Nord-Ecuatorial* și se închide în *Curentul Nord-Pacific.*

În partea de nord, prin strîmtoarea Behring, iese în Pacific un curent de ape reci, *Curentul Oyashio* care, unindu-se cu Curentul Nord-Pacific, se revarsă spre coastele de vest ale Americii de Nord, sub numele de *Curentul Californiei,* cu ape reci.

În partea de sud este puternicul *Curent Humbold,* care vine din regiunea antarctică și curge înspre nord de-a lungul coastelor Americii

de Sud, formînd *Curentul Agulha,* ce se îndreaptă spre insulele dintre Asia și Australia.

3. **În Oceanul Indian.** Există un *Curent Est-Vest, Nord-Ecuatorial* și un *Curent de compensație vest-est, Sud-Ecuatorial.*

Atît în Oceanul Atlantic, cît și în Oceanul Indian, s-au pus în evidență curenți de compensație de adîncime care, astfel, întregesc cantitățile de apă pe care Curentul Golfului sau cel ecuatorial le transportă dinspre vest spre est. Curenții de compensație există în toate oceanele și au rol deosebit de important în împrospătarea apelor de adîncime.

Cu privire la cauzele curenților, în literatura de specialitate se mai poartă încă multe discuții; în cele ce urmează vom enumera cîteva mai importante:

Vînturile regulate. Acestea suflă la suprafața apelor pe direcții fixe, cum sînt alizeele în regiunea situată între tropice.

Diferențele de densitate. Apele situate în zona tropicală, deci spre centrul bazinelor oceanice, posedă o densitate mai mare, ca rezultat al continuei evaporații care se produce aici. În apropierea coastelor, apele sînt mai puțin dense în aceeași zonă, datorită aportului de ape dulci, deci aceste ape vor „curge" spre zona centrală cu ape mai dense. Această mișcare moleculară de „alunecare" a apelor din zona țărmului spre zonele centrale se resimte pînă la adîncimi de 800 m, unde survine o compensație a densităților. Evaporația continuă între tropice scade nivelul apelor cu aproximativ 2 m față de regiunile învecinate; în această situație, apele polare se vor deplasa spre ecuator, creîndu-se astfel un circuit continuu de ape.

Curenții oceanici transportă mari mase de ape calde sau reci, după originea lor. Aceste mase de apă cedează căldura încet, influențînd prin aceasta zonele limitrofe ale uscatului situat în apropierea bazinelor de curgere ale acestor curenți. Clima Europei este în mare măsură influențată de curentul golfului, care o îndulcește și aduce totodată precipitații, de unde și climatul oceanic blînd al Europei apusene. Stări oarecum asemănătoare determină și curentul Kuro-Siwo în regiunea Californiei.

Asupra vieții din mări și oceane, curenții au o acțiune continuă și importantă; vom menționa mai jos cîteva din influențele exercitate de curenți:

a) curenții contribuie la amestecarea apelor cu densități diferite și, prin aceasta, contribuie la răscolirea zonelor adînci și scoaterea la suprafață a elementelor nutritive esențiale necesare dezvoltării planctonului;

b) transportă, și prin aceasta răspîndesc, formele polare spre ecuator și invers, contribuind astfel la selecția și aclimatizarea diferitelor organisme;

c) zonele de intersecție ale curenților calzi și reci sînt zone în care adesea se produce moartea în masă a organismelor planctonice, deoarece ape cu densități și temperaturi diferite în amestec cauzează prin șoc termic oprirea metabolismului la care organismele mici sînt foarte sensibile.

FACTORII CHIMICI AI APELOR MARINE

Din punct de vedere chimic, apa de mare este o soluție de săruri minerale, gaze și substanțe organice. Pe lîngă substanțele dizolvate sub formă de ioni sau molecule, apa de mare mai conține și particule coloidale de natură anorganică și organică. Deși apele diferitelor bazine prezintă un mare grad de asemănare sub raportul conținutului în substanțe chimice, totuși ea nu este întrutotul omogenă nici din acest punct de vedere. Dar omogenitatea în ce privește compoziția chimică este mai mare decît a apelor continentale și are un grad mai pronunțat de stabilitate. Deosebiri zonale mici și chiar în cuprinsul aceluiași bazin sînt numeroase. La tropice, evaporația este crescută, iar regimul precipitațiilor sărac. Ca urmare, aici apele de suprafață au un conținut mai bogat în săruri, sînt mai concentrate. Mările litorale și intercontinentale cu aport fluvial crescut au apa îndulcită datorită aportului fluvial. Această diluare are adesea un pronunțat caracter sezonier (musoni). La poli, topirea gheții și precipitațiile abundente fac ca apa să fie mai puțin concentrată în săruri la suprafață față de adîncime.

Substanțele dizolvate în apa mării prezintă concentrații specifice. Astfel, unele ca sodiul și clorul se găsesc în proporții mari, altele, dimpotrivă, sînt în cantități atît de mici încît pot fi evidențiate numai calitativ. Analiza chimică comportă riscuri și în ceea ce privește separarea unor compuși ca sodiul și potasiul, fosfați și arseniați de calciu și stronțiu. Analizele spectrometrice și fotometrice permit astăzi o mai bună identificare și separare a elementelor chimice din apa mărilor și oceanelor. Tehnicile curente pe baze radiometrice pot determina substanțe în concentrații pînă la 10^{-16} g la litru.

Sub raport chimic și biologic, oceanologia desfășoară cercetări nu numai în ceea ce privește compoziția globală a apei de mare, ci și în privința raportului de concentrație între componenți în funcție de activitatea organismelor vii. Circuitul substanțelor în bazinele marine se află în atenția cercetătorilor; pe aceste baze se fac precizări cu privire la modificarea și mișcarea biocenezelor. Studiul fenomenelor chimice contribuie la cercetarea productivității biologice și a producției bazinelor. În studierea chimismului mărilor, de mare însemnătate este principiul după care schimbările sub acest raport sînt dinamice și în strînsă dependență de factorii de mediu.

SALINITATEA TOTALĂ A APEI MARINE

Sărurile care intră în compoziția apei de mare pot fi împărțite în raport de concentrație în trei mari grupe:

— săruri în concentrație mare (*macroelemente* — de ordinul gramelor);

— săruri în concentrație medie (*oligoelemente* — de ordinul miligramelor);

— săruri și metale în concentrație mică (*microelemente* — de ordinul microgramelor și gamma) (μg și γ).

Compoziția variabilă este unul dintre cele mai constante fenomene în ceea ce privește chimismul apei marine. De aceea, cercetarea compoziției ionice se face în condiții de temperatură și presiune constante. Exprimarea rezultatelor este, de asemenea, însoțită întotdeauna de valorile presiunii și temperaturii la care s-a lucrat. Apa de mare are o concentrație medie în săruri de 35 g la litru, dar aceasta poate varia în limite foarte largi.

Salinitatea reprezintă greutatea în grame, ce poate fi obținută prin evaporarea unui litru de apă de mare în condiții de vacuum și la 480°C. Salinitatea se notează cu $S‰$.

Clorinitatea reprezintă cantitatea de halogeni (în grame) conținuți într-un litru de apă de mare. Clorinitatea se poate determina titrimetric, cu ajutorul azotatului de argint și se notează cu $Cl‰$.

Între acești doi termeni există o relație funcțională. Cu ajutorul acesteia, cunoscînd clorinitatea care se poate determina ușor și cu eroare mică, se poate determina salinitatea. În acest caz:

$$S‰ = 0{,}030 + (1{,}805 \times Cl‰),$$

în care 1,805 este un factor care poate fi determinat și este în funcție de salinitatea globală a apei. Pentru mările largi, acestor factor are valoarea de mai sus, pentru alte mări el are alte valori. Pentru Marea Neagră este de 1,10 (E. P o r a).

Clorozitatea reprezintă clorinitatea raportată la volum (litru) și în condiții de temperatură constantă (20°C). Multiplicînd clorozitatea cu densitatea apei de mare la temperatura de 20°C se obține clorinitatea și, bineînțeles, salinitatea prin introducerea factorului adecvat în calcul. Salinitatea poate fi obținută și prin măsurarea rezistenței electrice sau a indicelui de refracție. Toate aceste valori însă dau erori și trebuie făcute corecțiile în raport de temperatură.

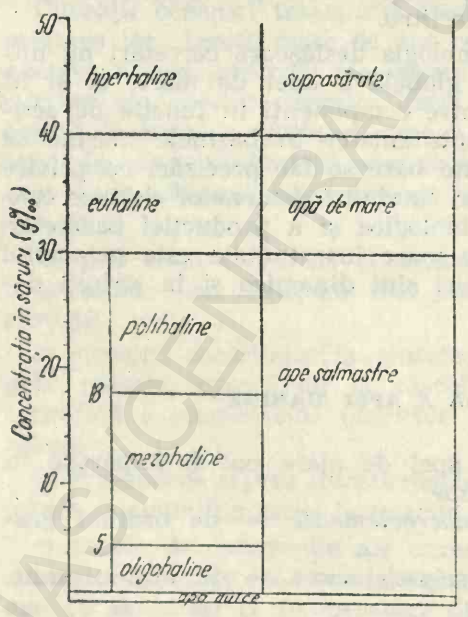


Fig. 171. Clasificarea apelor în urma Simpozionului de la Veneția din 1958.

În raport de salinitate s-au făcut o serie de încercări de clasificare a apelor marine. O astfel de clasificare este aceea aprobată de Congresul pentru apele salmastre ținut la Veneția în anul 1958, pe care o redăm în figura 171. Conform acestei scheme, apele marine pot fi: *hiperhaline, euhaline* și *mixohaline* sau salmastre (cu poli-, mezo- și oligohaline). Mulți autori, însă, nu sînt de acord cu o astfel de clasificare care are un caracter artificial, datorită faptului că se are în vedere numai salinitatea. Se știe totodată că, sub raport chimic, fiecare bazin

oceanic sau marin își are specificul său. Clasificarea care se bazează numai pe salinitate, fără să cuprindă și intervenția organismelor vii și starea ionică, mai ales a bazinelor, nu poate fi completă (A. L. Zenkevici, E. Pora). Este necesar să se aibă în vedere și raporturile ionice la întocmirea unor astfel de clasificări (E. Pora). Compararea bazinelor între ele se poate face numai pe baza aprecierilor de ansamblu ale factorilor de natură abiotică și biotică. Salinitatea joacă un rol important în fenomenele ecologice; variațiile locale și generale ale salinității sînt ample și cuprind atît apele superficiale cît și cele de adînc.

Variația salinității la suprafața mărilor. Salinitatea medie a oceanului este de 35 g‰, intervalul de variație cel mai frecvent fiind cuprins între 35—37 g‰. Factorii care determină variațiile de salinitate sînt: *a)* evaporația; *b)* aportul de ape dulci al fluviilor; *c)* precipitațiile; *d)* gheața.

Evaporația determină creșterea salinității, pe cînd ceilalți factori o reduc. Regiunile litorale ale mărilor închise și mediterane, cît și unele bazine total izolate, au un regim de salinitate aparte. Astfel, salinitatea Mării Roșii este de 41‰, iar în mări închise ca Marea Baltică salinitatea variază după loc între 2 și 17,4‰; în Golful Finic s-au măsurat salinități de 0,6‰. Sezonier, local se pot înregistra variații extrem de mari ale salinității. În anul 1948, determinările de salinitate din Golful Mexic au înregistrat valori între 34‰ vara și de 5—25‰ iarna. O succesiune de ani secetoși, consecutiv aportului fluvial redus, determină în aceeași zonă creșteri de salinitate pînă la 36—40 g‰.

Variații pronunțate ale salinității se înregistrează și în funcție de latitudine. Curba da variație a salinității cu latitudinea are un aspect asimetric, datorită salinității mai mari din emisfera sudică (fig. 172). La poli, prin topirea gheții și aportului de apă dulce, are loc o diminuare a salinității. În zona tropicelor, atît lipsa de precipitații cît și evaporația intensă, datorită insolației, determină creșterea salinității atît în emisfera nordică cît și în cea sudică. În zona ecuatorială, salinitatea este ceva mai scăzută decît la tropice, datorită mai ales precipitațiilor.

De obicei, acolo unde apele de adînc revin la suprafață, ele aduc cantități mari de elemente biogene. Ca urmare, în aceste locuri produc-

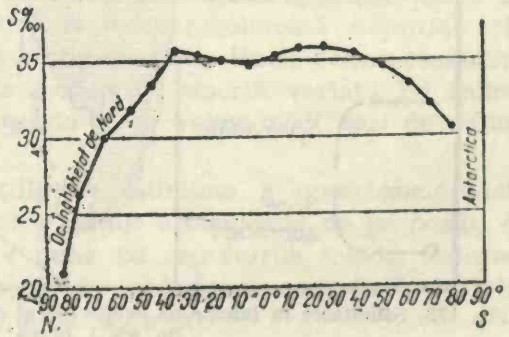


Fig. 172. Variația salinității apelor de suprafață în funcție de latitudine.

ția primară se mărește și, ca rezultat, aici cantitatea de pește este mare (regiuni de intens pescuit). În Golful Guineea din Oceanul Atlantic găsim un astfel de caz. Apele de adînc sînt în general mai diluate și, ieșind la suprafață, ele se concentrează prin evaporație, astfel că în regiunea centrală a oceanelor salinitatea este ceva mai mare decît în regiunea polilor. În regiunea Mării Sargasselor, salinitatea apelor poate ajunge pînă la 37 g‰, pe cînd în regiunile polare ea poate scădea pînă la 32 g‰ (fig. 173).

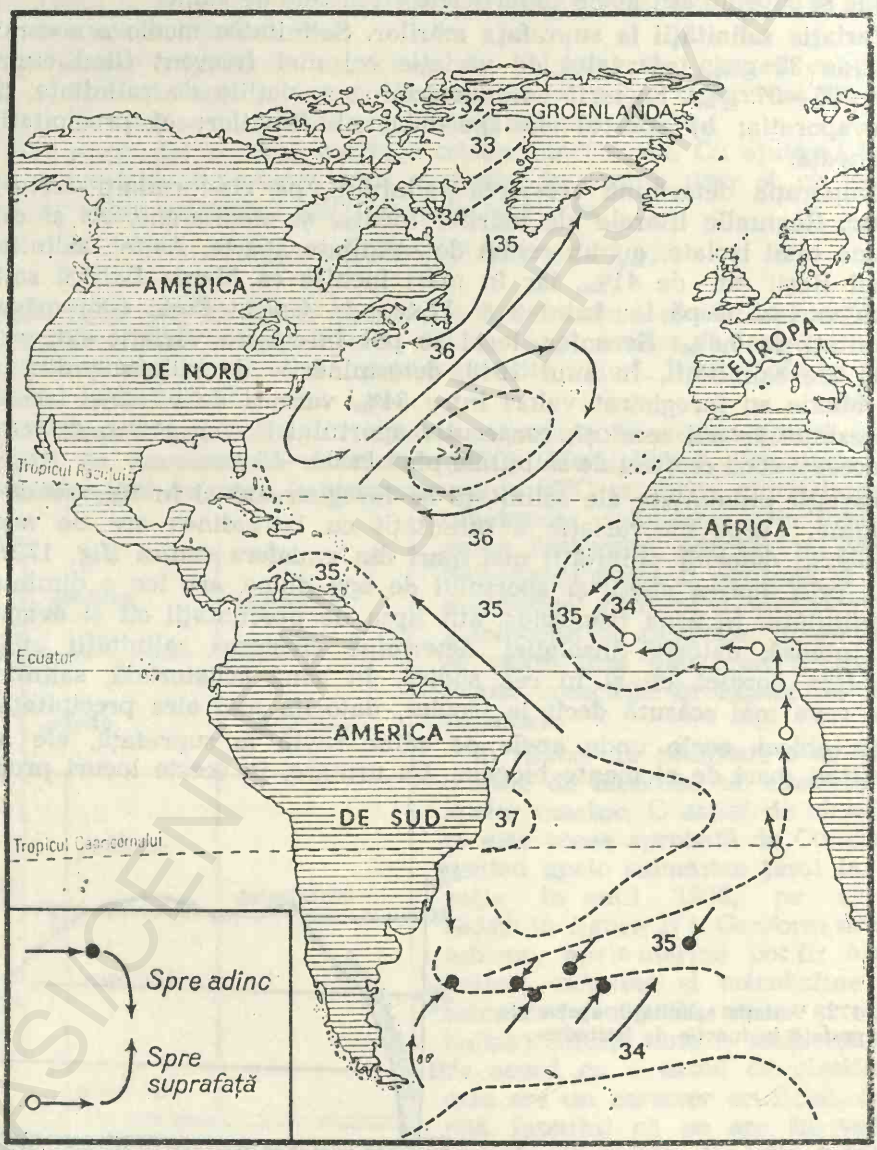


Fig. 173. Salinitatea în funcție de evaporație și circulația apei pe verticală, în Oc. Atlantic (în g‰) (după Harvey).

Variația salinității cu adîncimea. Salinitatea apelor profunde este ceva mai scăzută decît a celor de suprafață. În abisuri, salinitatea este cuprinsă între 34,5—35 g‰, aceasta fiind în raport cu proveniența apelor din ape polare mai puțin sărate.

Omogenitatea salinității și lipsa variațiilor sezoniere este o altă caracteristică a apelor adînci. Sondajele făcute în Oceanul Pacific, pe meridianul 180° EG, între latitudinile 35°N — 75°S, au constatat că salinitatea variază la adîncimi între 1 000—6 000 m numai între 34,4—34,7‰. În general, salinitatea crește ușor în pelicula din imediata apropiere a fundului marin.

La tropice, salinitatea scade de la suprafață spre adîncime, iar la poli invers. În mările închise, salinitatea crește, de asemenea, cu adîncimea.

Salinitatea joacă un rol important atît în dinamica apelor marine, cît și în ceea ce privește viața în mări. De obicei, salinitatea se asociază cu temperatura în determinarea anumitor fenomene. Modificările acestor doi parametri determină modificarea densității care, în caz de creștere, provoacă curenți pe verticală de la suprafață spre adînc. Mișcările pe verticală ale apei sînt însoțite de schimburi de substanțe biogene și de oxigen între diferitele pături de apă. Curenții de convecție, în zonele polare cît și în regiuni cu evaporație intensă, răscolesc apele marine uneori pe adîncimi mari, contribuind la reîmprospătarea apelor superficiale în substanțe nutritive.

Problema rolului salinității ca „barieră ecologică" în mări a fost revizuită datorită concepției noi cu privire la rolul ionilor în răspîndirea organismelor în medii cu concentrații diferite. Salinitatea intervine ca o componentă de ansamblu în selectarea și repartizarea speciilor pelagice, producînd și unele modificări de natură morfologică chiar la speciile bentonice. Din punct de vedere al comportamentului față de salinitate, organismele marine se împart în *stenohaline* și *eurihaline*. Cele stenohaline ocupă zone sau arii de răspîndire strict delimitate de conținutul global în săruri al mediului. Zona pelagică adîncă, de larg, este populată mai ales cu astfel de forme. Organismele eurihaline au o arie de răspîndire mai largă. De asemenea, s-a constatat că populația adultă este mai puțin sensibilă la variațiile de salinitate decît formele tinere. O scădere a salinității tolerată de adulți este mortală pentru ouăle de *Littorina littorea*. Ouăle de *Carcinus moenas* tolerează salinități scăzute, cu condiția ca temperatura să fie crescută. Unele forme eurihaline ca *Pseudodiaptonus euryhalinus* (copepod) suportă variații de salinitate între 1,8—68,4‰, fără ca aceasta să provoace modificări de natură morfologică.

Problema adaptării la variațiile de salinitate a organismelor este astăzi destul de bine cercetată și a primit o explicație de pe poziții cu totul noi. Accentul principal se pune pe raporturile ionice, deoarece schimbarea salinității este însoțită de schimbarea raporturilor dintre ioni (E. Pora, C. Schlieper, G. A. Gross).

COMPOZIȚIA IONICĂ A APEI MARINE

Compoziția ionică a apei de mare ce conține 35,000 g săruri la litru, în condiții de temperatură și presiune normale și avînd densitatea de 1,0243 și clorinitatea de 19 g‰, este conformă datelor din tabelul 23. Majoritatea substanțelor minerale se găsesc dizolvate în apa mării sub formă de ioni. Cantitativ, ionii pozitivi și negativi diferă; de asemenea, sînt diferite și raporturile dintre ioni. În funcție de proporția în care intră în compoziția apei marine, ionii se împart în două mari grupe: cei care din punct de vedere cantitativ reprezintă majoritatea se numesc *ioni principali;* cei care se găsesc în cantități mai mici, uneori de ordinul miligramelor sau chiar al microgramelor, se numesc *ioni secundari.*

Tabelul 23

Compoziția ionică a apei de mare

Ionii	g/l	Procente din total	Raportul față de Na
Cl^-	18,9799	55,20	Na/Cl = 0,55
SO_4^{--}	2,6486	7,70	Na/SO_4 = 3,92
HCO_3^-	0,1397	0,35	Na/CO_3H = 86,80
Br^-	0,0646	0,19	—
F^-	0,0013	0,004	—
BO_3H_3	0,0260	0,07	—
Na^+	10,5561	30,40	—
Mg^{++}	1,2720	3,70	Na/Mg = 8,20
Ca^{++}	0,4001	1,16	Na/Ca = 26,10
K^+	0,3800	1,10	Na/K = 27,60
Sr^{++}	0,0133	0,04	—
Alți ioni	0,5184	0,086	—
Total	35,000	100,000	—

Ionii principali. Din această grupă fac parte ionii de Cl^-, SO_4^{--}, HCO_3^-, Na^+, Mg^{++}, Ca^{++}, K^+ etc. și alcătuiesc aproximativ 99,84% din totalul ionilor; restul de 0,16% reprezintă ionii secundari care, deși în cantitate mică, joacă un rol extrem de important în viața organismelor (Br^-, F^-, Sr^{++} etc.).

Apele oceanice de larg au o mare constanță în ceea ce privește raportul ionic. În mările închise, estuare, golfuri și în general în zona platoului continental, unde aportul terigen și fluvial este crescut, conținutul în calciu crește comparativ cu cel de magneziu și sodiu, iar pe anumite zone sulfații pot fi dominanți în raport de cloruri. Ca urmare a acestor stări de lucruri, se pot produce delimitări ale populațiilor, raportul ionic constituind un obstacol în răspîndirea anumitor specii.

Acțiunea factorului osmotic asupra organismelor marine. Totalitatea particulelor ionizate, solvate și coloidale dintr-o soluție care este separată printr-o membrană vie de o altă soluție exercită asupra membranei

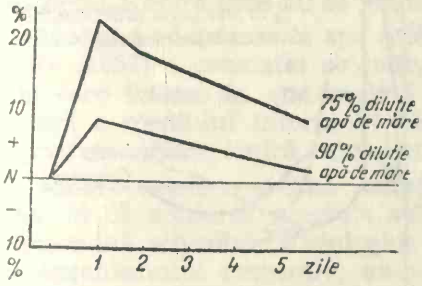


Fig. 174. Variația greutății la *Phascolosoma gouldii*, în funcție de salinitate.

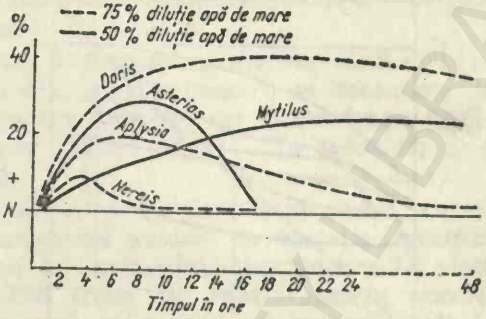


Fig. 175. Variația greutății în timp, la cîteva nevertebrate, în funcție de salinitate.

o presiune care este direct proporțională cu suma particulelor (presiunea osmotică). Ea nu depinde de natura particulelor, ci numai de numărul lor. Presiunea osmotică este un rezultat cantitativ al existenței sărurilor minerale din soluție. De valoarea presiunii osmotice depind multe fenomene de schimb ale organismelor care conțin medii saline diferite, separate prin membrane de mediul extern.

Cînd între valoarea presiunii osmotice a mediului extern și valoarea presiunii osmotice a mediului intern nu există deosebiri cantitative, vorbim de *medii izoosmotice*. În special schimbul de apă al organismelor vii depinde de valorile presiunilor osmotice ale mediilor extern și intern. Majoritatea organismelor nevertebrate inferioare se comportă oarecum asemănător unor osmometre. Sipunculidul *Phascolosoma gouldii* (fig. 174) crește în greutate dacă este pus în apă de mare diluată (90—75%). Asemenea fenomene se manifestă și în cazul altor nevertebrate (fig. 175). După un anumit timp, greutatea animalelor tinde să revină la normal, fapt ce denotă că intră în acțiune anumite mecanisme osmoregulatoare.

Presiunea osmotică se exprimă mai ales prin punctul crioscopic al soluției. (Δ). Raporturile dintre organisme și mediul lor extern, din punct de vedere osmotic, poate fi reprezentat prin anumite funcții, care se reduc la trei cazuri mai generale (fig. 176).

Izoosmoza, caracteristică pentru aproape toate nevertebratele, este în realitate o ușoară hiperosmoză față de mediul extern. În apele marine, în

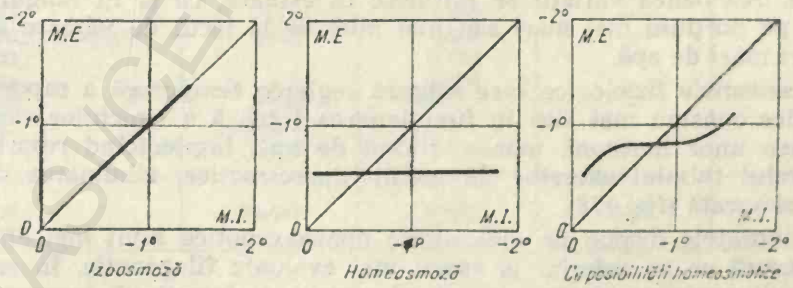


Fig. 176. Raportul dintre mediul intern (*MI*) și mediul extern (*ME*) la diferite tipuri de animale.

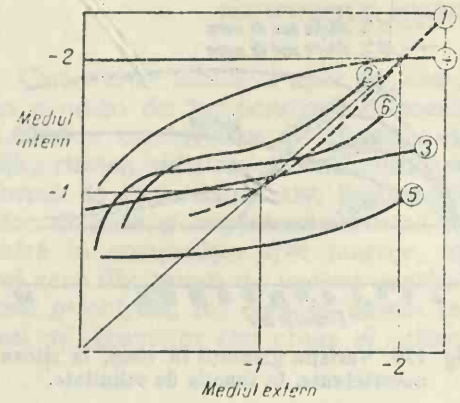


Fig. 177. Cîteva animale cu posibilităţi osmotice:
1 — Maja squinudo; 2 — Pachigrapsus crassipes; 3 — Palemonetes varians ;4 — Scylliorincus canicula; 5 — Conger conger; 6 — Carcinus moenas.

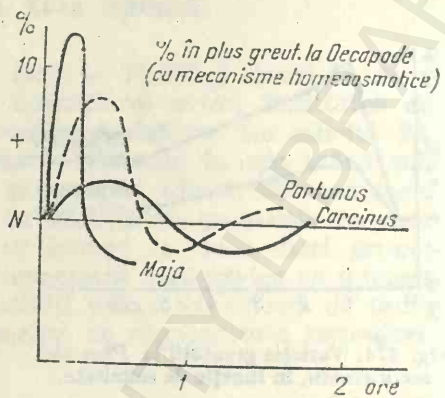


Fig. 178. Variaţia greutăţii la decapode, în mediu hipotonic.

mod obişnuit, variaţiile de salinitate şi deci şi de presiune osmotică, sînt foarte mici. Majoritatea organismelor marine dispun de mecanisme fiziologice eficace pentru a-şi păstra în mediul intern o valoare de presiune osmotică normală. Acestea sînt organisme de tip stenohalin şi se caracterizează prin faptul că nu fac eforturi metabolice prea mari pentru reglarea raporturilor lor osmotice cu mediul exterior.

Homeoosmoza, adică păstrarea în mediul intern a unei valori constante a presiunii osmotice, indiferent de valoarea în mediul extern a acesteia, este un fenomen pe care îl întîlnim la organismele care trec prin medii de valoare osmotică diferită. Aşa sînt peştii anadromi şi catadromi, unele decapode etc. Pentru a-şi păstra o astfel de valoare constantă a presiunii osmotice, organismele posedă mecanisme interne homeoosmotice, a căror funcţionare se face cu consum de energie.

Numărul speciilor izoosmotice şi homeoosmotice este în general redus. Majoritatea animalelor sînt organisme *cu posibilităţi osmotice* (fig. 177), adică acelea care îşi menţin presiunea osmotică a mediului intern constantă în condiţii de variaţie redusă a presiunii osmotice a mediului extern. Asemenea variaţii se întîlnesc în estuare, ca şi în lungul coastelor, pe porţiuni mai mari sau mai mici de la locul de vărsare a unor cursuri mari de apă.

Mecanismele fiziologice care asigură reglarea temporară a raporturilor osmotice constau mai ales în funcţionarea intensă a rinichilor care, sub acţiunea unor hormoni, măresc fluxul de apă, împiedicînd resorbţia ei la nivelul tubului excretor. În medii hiperosmotice, eliminarea de apă este micşorată (fig. 178).

Vertebratele dispun de mecanisme homeoosmotice mult mai eficiente, pe măsură ce ne referim la specii mai evoluate filogenetic. În reglarea presiunii osmotice intervin, pe lîngă rinichi, şi intestinul, tegumentul şi chiar membranele celulare. Modificările presiunii osmotice a mediului

exterior pot determina migrații ale unor organisme sau, dacă sînt bruște, moartea acelora care nu se pot deplasa cu ușurință.

Studiind adaptarea la ape salmastre a unor specii marine, C. Schlieper (1958) a constatat că indivizii din apele salmastre se deosebesc de cei care trăiesc în apa marină prin următoarele: *a)* concentrație diminuată a mediului intern; *b)* conținut ridicat de apă în țesuturi; *c)* o oarecare reglare ionică intracelulară.

Autorul atrage atenția asupra rolului potasiului intracelular, considerînd că scăderea acestuia sub minimum valoric de variație specifică determină schimbări fiziologice care fac imposibilă menținerea în viață a organismului respectiv, atunci cînd trece din mediul marin normal într-un mediu mai îndulcit. Conținutul în potasiu al musculaturii la *Carcinus moenas* este aproape același la exemplarele care trăiesc în largul mării și în Golful Kiel. Spre deosebire de acesta, la *Mytilus edulis* concentrația în potasiu a indivizilor care trăiesc în apă salmastră este mai scăzută decît a celor marini. Introduse în apă salmastră, speciile de *Mytilus* și *Carcinus* din mediul marin se comportă diferit. Vitalitatea la *Mytilus* scade, iar la *Carcinus* nu se produc modificări esențiale.

Cercetările privind compoziția chimică a apei de mare, cît și a raporturilor dintre ionii pe care îi conține, a făcut posibilă prepararea unor soluții foarte asemănătoare cu conținutul chimic al apei de mare. Asemenea soluții pot fi utilizate cu succes în condiții experimentale de natură fiziologică ce se efectuează pe organismele marine (tab. 24).

Tabelul 24

Rețete pentru soluții artificiale de apă de mare, propuse de diverși autori

Substanța / Autorul	Cantitatea de săruri în g la 1 000 cm³ apă distilată			
	Lyman și Fleming	Berget	Allen	Pora
NaCl	23,477	27,213	28,13	28,00
$MgCl_2$	4,981	3,807	2,55	2,70
$CaCl_2$	1,102	—	1,20	1,25
KCl	0,664	—	0,77	0,77
$NaCO_3H$	0,192	—	0,11	0,16
KBr	0,096	—	—	0,07
$MgSO_4$	—	1,658	3,50	3,50
$CaSO_4$	—	1,260	—	—
$K_2SO_4 + Na_2SO_4$	3,917	0,863	—	—
$CaCO_3$	—	0,123	—	—
$MgBr_2$	—	0,076	—	—
BO_3H_3	0,026	—	—	—
$SrCl_2$	0,024	—	—	—
NaF	0,003	—	—	—
Total	34,482	35,000	36,26	36,45

După cum se vede, componența ionică a lichidelor interne ale diferitelor animale este foarte asemănătoare, nu atît în valori absolute, ci

mai ales în raporturile ce există între diferiţii ioni. Chiar în cazul aceloraşi specii, luate din ape de mare diferite, se constată o menţinere foarte apropiată a valorilor acestor raporturi ionice *(Pecten maximus, Loligo forbes, Carcinus moenas)*. De mare însemnătate pentru mediul intern al organismelor este raportul dintre diferiţii ioni care intră în constituţia acestuia şi nu valoarea lor absolută.

În acest sens este de remarcat faptul că valoarea raporturilor ionice este mult mai asemănătoare cu cea din apa de mare din care au fost luate animalele, decît valoarea absolută a conţinutului ionic. Şi această constatare fundamentează practic originea marină a organismelor vii (teoria lui R. Quinton).

Modificările care există în valoarea raporturilor ionice se datorează variaţiilor cantitative ale ionilor existenţi în hemolimfa animalelor respective care, la rîndul lor, sînt cauzate mai ales de modificarea cantitativă a proteinelor din lichidele interne. Se ştie că multe proteine adsorb la suprafaţa lor o anumită cantitate din unii ioni, fapt ce asigură funcţionarea acestora în împrejurări speciale de echilibru electric.

Asupra importanţei raporturilor ionice din mediul intern vom reveni cînd vom trata apele salmastre, unde valoarea acestor raporturi determină nu numai viaţa individuală, dar şi răspîndirea geografică a speciei.

Cantitativ, ionii de sodiu şi clor sub formă de clorură de sodiu ocupă primul loc în constituţia ionică a mării. Raportul dintre aceştia este de 0,5403. Deşi în cantităţi mai mici, ionii de Mg, Ca, Sr, B şi sulful mineral (SO_4^{--}, S^{--}) joacă un important rol în activitatea organismelor marine.

Magneziul se află sub formă de carbonat de magneziu sau de hidrat, avînd un grad mare de solubilitate comparativ cu apele dulci. Variaţiile cantitative sînt destul de mari în diferitele zone ale oceanelor. Forma dizolvată este în raport direct cu *p*H-ul. La un *p*H mai mare de 9, precipită. Raportul cu clorul este de 0,0670.

Calciul se găseşte sub formă de carbonat insolubil, precum şi sub formă de clorură şi bicarbonat solubil în apa mării. Raportul faţă de clor este de 0,0215, iar faţă de magneziu de 0,3212. Apele litorale sînt mai bogate în calciu decît cele de larg. Acidifierea mediului creşte solubilitatea carbonaţilor şi, implicit, a calciului ionic. Concentraţia în calciu ionic creşte cu adîncimea, datorită diminuării p*H*-ului, utilizării sale mai reduse de către organisme şi datorită eliberării lui din depozite, unde poate fi în cantităţi mari.

Potasiul este în cantitate relativ mică în apele marine. Raportul faţă de clor este de 0,02. Plantele absorb mari cantităţi de potasiu. De asemenea, cantităţi apreciabile se depun în sedimentele marine.

Stronţiul este un ion bivalent. Apa mării nu este saturată în stronţiu. Îndeplineşte rol de substituţie a calciului în depunerea în oase, cît şi în alte fenomene fiziologice. Se află şi sub formă radioactivă. Unele organisme îl absorb selectiv, astfel că cu timpul, datorită creşterii stronţiului radioactiv în urma exploziilor nucleare, aceste organisme au devenit inutilizabile, depăşind doza admisă *(Belone belone)*.

Borul se găseşte în apa mării mai ales sub formă de acid boric şi joacă rol antiseptic. Unele forme bentonice concentrează cantităţi relativ mari de bor.

Sulful mineral, sau sub formă de ion sulfat sau sulfuric, este prezent în toate apele marine. În unele mări închise, sulful mineral este atacat de anumite bacterii care îl transformă în hidrogen sulfurat, care se acumulează în cantități mari spre fund, ajungînd să pericliteze viața altor forme decît bacteriile care îl produc.

Ionii secundari ai mărilor reprezintă numai 0,025% din totalitatea compușilor dizolvați. Aceștia joacă însă un rol deosebit în dinamica materiei vii. Fără prezența unora dintre ei, viața în mări ar fi de neconceput. Constituenții secundari sînt numeroși (45 elemente). Unele elemente se găsesc însă în cantități atît de mici încît nu pot fi decelați prin metodele curente de determinare. Adesea se pun în evidență numai calitativ. O serie de organisme pot acumula prin *epicteză* cantități relativ mari din aceste elemente (Cd, Ti, Cr, Ta, Ge, Ant etc.). Constituenții secundari pot fi împărțiți la rîndul lor în două grupe și anume: *a)* constituenți secundari variabili cantitativ; *b)* constituenți secundari invariabili cantitativ.

Grupa a doua de constituenți secundari prezintă o importanță mai mică sub raport biologic. Prima grupă cuprinde elementele biologice a căror variație cantitativă se datorează tocmai faptului că sînt utilizate de organismele vii. Mai mult, lipsa din mediu a acestora sau reducerea sub anumite limite a cantității lor în apă pot determina fenomene grave, care să afecteze biocenoza în ansamblul ei. Unele dintre bioelemente prezintă o variație mai mică (cuprul, fierul, manganul), altele mai mare (azotul, fosforul, siliciul).

Cuprul este utilizat de numeroase organisme, plante și animale. Pigmenții respiratori ai animalelor nevertebrate conțin drept grupare activă cuprul. Pentru sinteza de hemgolobină, cuprul este absolut necesar. Concentrația medie din apa mărilor este de 10 mg/m^3. Cele mai mari concentrații se găsesc în zona litorală; la locul de vărsare a fluviilor, concentrația în cupru crește peste 11 mg/m^3. Cu moleculele organice mari se combină sau aderă de acestea prin fenomene de adsorbție. De asemenea, aderă și la unele particule anorganice. Rolul biologic al cuprului, sub raportul reglării dinamicii biocenozelor, este mai puțin precizat. Se cunoaște faptul că în prezența lui metamorfoza unor larve este mai accentuată *(Ostraea virginiaca)*.

Fierul variază în ceea ce privește concentrația între 1—60 mg/m^3. Se prezintă sub formă solubilă, compuși organici și complecși organominerali. Aderă la suspensii. Apele litorale sînt mai bogate în fier decît cele oceanice. Concentrația în fier crește și în apropierea depozitelor submarine. Prezintă variații mari mai ales în zona eufotică unde, datorită utilizării lui intense de către fitoplancton, la un anumit moment concentrația lui poate deveni factor limitant al dezvoltării biocenozei. Fierul accelerează dezvoltarea diatomeelor din cultură. Adausul unui miligram de fier unei culturi de diatomee determină aceleași efecte ca și adausul unei cantități de 175 mg fosfat. Minimul de concentrație corespunde cu maximul fitoplanctonic. Diatomeele pot utiliza și fierul coloidal. Formarea unor oxizi insolubili face ca concentrația mediului în fier să scadă. Apele mai puțin oxigenate conțin cantități mai mari de fier solubil. Proteinele au un efect protector asupra fierului dizolvat în apă.

Manganul prezintă fluctuații între 1—10 mg/m³. Este necesar pentru dezvoltarea planctonului vegetal. În concentrații foarte mici, determinate de factori fizici, chimici sau biologici, poate deveni factor limitant al producției primare din mări. Crește cu adîncimea și se consideră că anual se depun pînă la 10 mg Mn la m³ de apă.

Dacă constituenții analizați anterior pot suferi variații între limite relativ restrînse, elementele biogene (siliciul, azotul, fosforul) prezintă variații accentuate, avînd fiecare un ciclu de evoluție dependent de evoluția asociațiilor care le utilizează. Producătorii primari (fotosintetizantele) și bacteriile joacă un rol preponderent în dinamica acestor elemente în mări.

Siliciul este răspîndit sub formă de silicați în soluție, sub formă de suspensoizi sau coloizi. Apele marine litorale de larg sau din profunzime conțin cantități relativ mari de siliciu. Apele litorale mai ales, datorită aportului terigen, cît și activității mai intense a organismelor, conțin cantități mai mari de siliciu decît apele superficiale de larg. Este utilizat de către protozoare pentru construirea scheletului și de către diatomee la construirea valvelor. Concentrația apei de mare în siliciu crește de la suprafață spre adîncime. În pătura superficială, pînă la adîncimea de 20 m, cantitatea medie este de 20 mg/m³ de apă, iar la adîncimea de 30—40 m cantitatea poate crește pînă la 1 400 mg/m³ în Antarctica, iar în apropiere de fund poate ajunge la 7 000 mg/m³. În general, concentrația în siliciu crește în imediata apropiere a depozitelor submarine (fig. 179).

În apele temperate și polare, prezintă o evoluție ciclică anuală, cu creșteri și scăderi în concentrație în funcție de ciclul evolutiv al formațiunilor care îl utilizează. Se disting în evoluția fazică o perioadă de maximum și alta de minimum de concentrație, cît și o perioadă de eliberare din compușii organici, corespunzînd declinului fitoplanctonic. Acest ciclu se petrece numai în apele zonei fotice; pentru zona eufotică, ciclul este mai diferențiat decît pentru zona oligofotică.

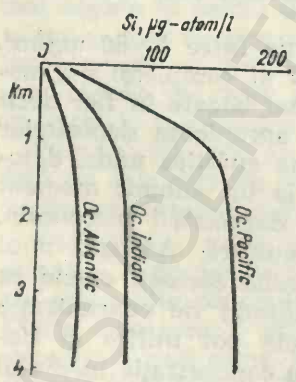


Fig. 179. Variația siliciului în oceane, cu adîncimea (după Dietrich și Kalle).

Problema regenerării siliciului în apele marine nu este încă elucidată pe deplin. Experiențele de laborator nu au furnizat date concludente. În natură, pe baza observațiilor făcute, se pare că în evoluția ciclică a elementului intervin atît plantele cît și factorii fizico-chimici și bacterieni. Se constată că maximul de concentrație în SiO_2 solubil coincide cu maximul dezvoltării bacteriilor, respectiv cu minimul fitoplanctonic, iar minimul de concentrație cu maximul de fotosinteză. Procesele enzimatice extracelulare par a avea și ele un rol în eliberarea siliciului. În apele marine s-a pus în evidență existența unui anumit raport dintre concentrația siliciului, oxigenului, azotului și fosforului, care este de ordinul 270/16/16/1; aceste elemente se consumă de către fitoplancton. În multe ape, raportul este riguros, ceea ce denotă

existența unui echilibru dinamic între factorii care îl determină. Există însă și excepții, și anume în sensul creșterii concentrației în siliciu, fapt pus pe seama solubilizării acestuia din depozite. Dizolvarea scheletelor silicioase, chiar în zona superficială, poate constitui, de asemenea, o cauză a fenomenului.

Azotul este bioelementul cu cel mai mare efect asupra populației fitoplanctonice. Are variațiile de cea mai mare amplitudine. Dintre compușii cu azot, mai ales azotații sînt cei care intervin în dinamica populației zonei eufotice. În apele marine, elementul se află atît sub formă moleculară sau sub formă de combinații anorganice (amoniac, săruri de amoniu, azotiți și azotați), cît și sub formă de compuși organici simpli sau complecși. Azotații, și în oarecare măsură sărurile de amoniu, joacă rolul cel mai important în nutriția fitoplanctonului.

— Azotul amoniacal este prezent mai ales în apele superficiale pînă la adîncimea de 200 m. Amoniacul se oxidează destul de rapid, astfel că azotul amoniacal scade cu adîncimea. În zona eufotică, variațiile azotului amoniacal sînt mari și dependente de alți compuși cu azot. Unele plante, precum și bacteriile planctonice, utilizează azotul amoniacal transformîndu-l în compuși azotați oxidați sau, dimpotrivă, eliberînd azot molecular. Diatomeele îl utilizează ca atare pentru sinteza organică a compușilor azotați. Prin procese pur chimice, în prezența oxigenului, azotul amoniacal se oxidează.

— Azotul nitric se găsește în concentrații reduse în apele marine, datorită instabilității sale; în pelagialul superficial oceanic, concentrația în compuși nitrici este mai mare decît în pelagialul neritic. Nitriții constituie un stadiu intermediar în procesul de evoluție a compușilor cu azot. Azotul nitric poate rezulta fie prin reducerea nitraților, fie prin oxidarea amoniacului (există un ciclu anual):

$$NH_3 \underset{\text{oxidre}}{\overset{\text{reducere}}{\rightleftharpoons}} NO_2^- \underset{\text{oxidre}}{\overset{\text{reducere}}{\rightleftharpoons}} NO_3^-$$

Iarna, cînd procesul oxidativ este intens, cantitatea de nitriți este redusă.

— Azotații sînt produșii cei mai mult utilizați de către plante. Au stabilitate mai mare și nu sînt toxici în cantități normale. De asemenea, dintre compușii cu azot, azotații se găsesc în cea mai mare concentrație. în apele superficiale, iar spre adîncime concentrația crește și mai mult. O parte se depun în sedimentele marine de diverse tipuri. În perioadele de maximă utilizare, datorită preferințelor vegetalelor pentru acești compuși, azotații din zona eufotică pot scădea în așa fel încît să aibă o concentrație mai mică decît sărurile de amoniu sau nitriții. Prezentăm mai jos intervalul de variație a celor trei compuși azotați:

— N/NH_3: 5 — 50 mg/m^3;
— N/NO_2: 0,1 — 50 mg/m^3;
— N/NO_3: 1 — 600 mg/m^3.

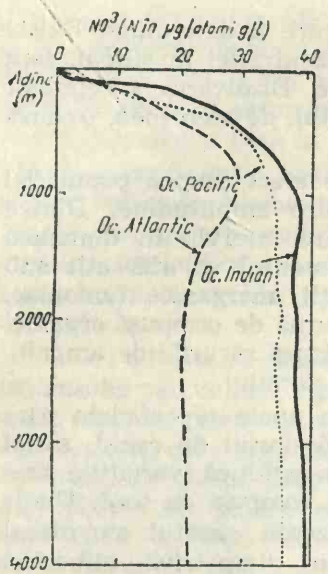


Fig. 180. Variația azotaților în oceane, în raport cu adîncimea (după Dietrich și Kalle).

Între diversele bazine oceanice există diferențe în ceea ce privește variația concentrației în azotați (fig. 180). În Marea Neagră, spre adînc, scade concentrația în azotați în loc să crească, așa cum se întîmplă în majoritatea bazinelor. În mările deschise și oceane, creșterea spre adîncime a concentrației în azotați se datorează procesului bacterian de eliberare a azotaților din materia organică în descompunere, precum și faptului că în zonele lipsite de lumină nu există plante verzi care să îl utilizeze.

Amplitudinea variațiilor sezoniere a nitraților este considerabilă. Consumul crescut de azotați primăvara, vara și la începutul toamnei face ca minimul în acești compuși să se manifeste în lunile aprilie și pînă în octombrie, iar maximul de concentrație în lunile noiembrie pînă în martie (fig. 181). Din punct de vedere ecologic, variațiile azotaților prezintă mare însemnătate. Aportul crescut de azotați din depozitele submarine, prin curenții spre suprafață, determină, zonal, fenomene de „înflorire" a apei de mare. Asemenea fenomene se întîlnesc mai ales în zonele de întîlnire a curenților reci, polari, cu cei calzi.

Ciclul azotului din mări are mare asemănare cu ciclul azotului din sol și este asigurat prin:

— fixarea azotului atmosferic dizolvat în apă de către bacteriile fixatoare de azot *(Azotobacter* și *Clostridium);*

— oxidări și reduceri bacteriene sau pur chimice;

— acțiuni bacteriene asupra materiei organice aflată în suspensie sau sedimentată la fund.

Nitrificarea este procesul cel mai important; denitrificarea, dimpotrivă, joacă rol de sărăcire a mediului în azot asimilabil. Cercetările din ultimul timp scot în evidență trei procese prin intermediul cărora nitrificarea se produce în interiorul masei de apă, și anume:

— procesul fotochimic, constînd din acțiunea razelor ultraviolete de mare energie asupra azotului și transformarea lui în azotați; are loc numai în pătura de apă de cel mult 10 m grosime;

— oxidarea compușilor cu azot la contactul dintre apă și aer, prin procese chimice;

— procesul bacterian, care transformă amoniacul în nitrați, trecînd prin stadiul intermediar de nitriți; este mai intens la limita de separare

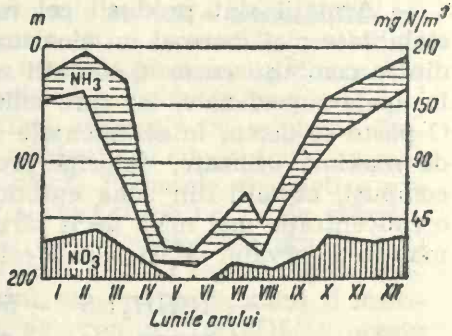


Fig. 181. Variația sezonieră a azotului, în mări.

dintre sediment și apă (cu acest din urmă proces ne vom ocupa mai pe larg la capitolul ce tratează bacteriile marine).

În ce privește acțiunea radiațiilor ultraviolete și fenomenul de oxidare a amoniacului la contactul aer — apă, extinse asupra unei pelicule reduse de apă, cercetările efectuate nu sînt în măsură să explice formarea cantității totale de nitriți în apele libere. Cercetările lui C. P. Spencer (1958) au pus în evidență prezența și în apele libere a unui proces bacterian de oxidare a amoniacului pînă la stadiul de nitrați. Această oxidare bacteriană este însă în strînsă dependență de prezența fierului ionic, mai abundent în zona litorală. Astfel se explică de ce acest proces are amploare mai mare în zona neritică; în cea oceanică, unde concentrația în fier este mai redusă, procesul se petrece cu o intensitate mai mică.

Fosforul mineral (PO_4) este esențial pentru viață, devenind purtătorul energiei preluată de la soare în procesul de fotosinteză și înmagazinată în grupările fosfatice macroergice, care o transportă în lanțul lung al proceselor biologice din bazinele oceanice.

Apele de la latitudini mari sînt mai bogate în fosfor, cele de la ecuator mai sărace. De altfel, în zona ecuatorială, utilizarea fosfaților este continuă; în această zonă, fosforul este preluat fără intermitențe în procesul de fotosinteză, pe cînd la poli utilizarea lui se face numai în timpul zilei polare. În perioada de maximă dezvoltare a organismelor fotosintetizante, fosfații pot scădea pînă la lipsa totală, astfel, ei devin un factor limitant al dezvoltării fitoplanctonice.

Sub zona eufotică, concentrația fosfaților crește destul de rapid cu adîncimea (fig. 182), însă evoluția curbelor diferă de la un ocean la altul. Apele profunde constituie un adevărat depozit de fosfați, iar scoaterea acestora la suprafață este o adevărată binefacere pentru apele de larg sărace în fosfați. De aici se deduce rolul jucat de bacterii în eliberarea și depunerea fosfaților. Apele oceanului, cuprinse între adîncimea de 700 și 1 000 m, sînt mai bogate în fosfați decît apele de fund. Această zonă corespunde minimului de oxigen dizolvat și de concentrații crescute în substanțe organice. Inegalitatea sintezei de materie organică la suprafață și, legat de aceasta, „ploaia" de cadavre, contribuie la răspîndirea inegală a fosfaților în apele adînci. A. C. Redfield a reușit să întocmească o hartă cu distribuția fosfaților în adîncime. El a constatat variații ale distribuției pe verticală chiar și în arii restrînse ale Oc. Atlantic. Toate determinările evidențiază însă o creștere a concentrației de fosfați sub adîncimea de 700 m. În Oceanul Atlantic, atît la suprafață cît și în adîncime, concentrația de fosfor scade de la poli spre ecuator.

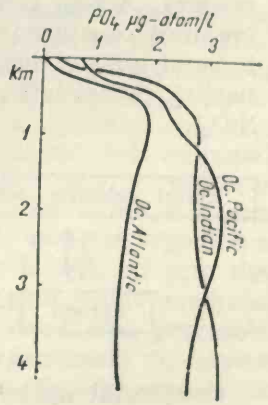


Fig. 182. Concentrația fosforului din oceane, în raport cu adîncimea (după Dietrich și Kalle).

Cele mai mari fluctuații în conținutul de fosfați se întîlnesc în zona eufotică. Variațiile au un pronunțat caracter sezonier, ceea ce înseamnă că sînt dependente de dezvoltarea populației planctonice (fig. 183). Fosforul joacă rolul cel mai important în

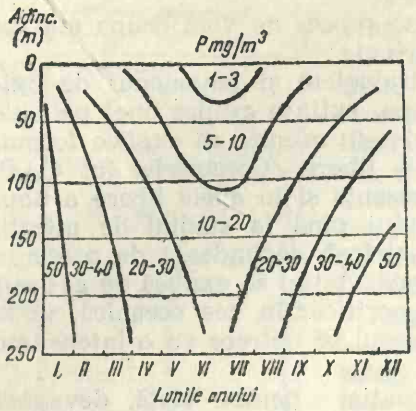


Fig. 183. Variațiile sezoniere ale fosforului în zona eufotică.

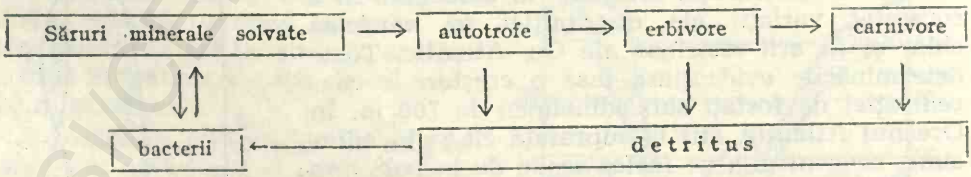
limitarea creșterii fitoplanctonului. De aceea, cercetarea variațiilor conținutului în fosfați se situează pe primul plan pentru definirea indicilor care intervin în producția primară a mărilor.

MATERIA ORGANICĂ SOLVATĂ ÎN APELE MARINE

Răspîndirea și regimul materiei organice din apa mărilor se află în strînsă dependență cu desfășurarea proceselor vitale. În prezent, datorită greutăților de natură tehnică, cunoștințele cu privire la conținutul și dinamica materiei organice dizolvată în apa mărilor și oceanelor sînt încă insuficiente.

Materia organică din mări se prezintă foarte diferit din punctul de vedere al stării sub care se află. O parte, și cea mai mare, se află răspîndită sub formă de organisme vii sau moarte; o altă parte se prezintă sub formă de molecule dizolvate sau în stare coloidală și sub formă de particule nemiscibile cu apa (ulei, grăsime). În apropierea fundului marin, materia organică se depune sub formă de detritus organic amestecat cu cel anorganic, iar în stratul subțire de la suprafața acestuia adesea se întîlnesc diverși acizi humici rezistenți la acțiunea bacteriană. Stratul superficial de depunere, cu dominanță de substanțe organice, poartă denumirea de „film" și joacă un rol important în hrănirea multor organisme bentonice. Substanțele humice joacă rolul de ciment în alcătuirea sedimentelor marine.

Un ciclu de dezvoltare a materiei organice în mări și oceane este evident. Acesta este strîns legat de ciclul biologic al mărilor, materia organică constituind baza acestui ciclu. Bacteriile închid acest ciclu biologic și, prin acțiunea lor, materia organică în totalitatea ei, sau numai parțial, este redată apelor sub formă de compuși minerali (CO_2, NO_3, PO_4, SiO_2).



Conținutul apelor marine în substanțe organice solvate sau în stare coloidală nu este prea crescut. Media concentrației în substanțe organice solvate este de 3—4 mg/l. În unele situații, ca cea de „înflorire", se constată însă concentrații extrem de mari de substanțe organice. În

astfel de condiții, oxidarea biochimică a substanțelor organice determină o reducere pronunțată a conținutului de oxigen din apă. Lipsa de mișcare a apei favorizează fenomenul. Factorii fizico-chimici responsabili de proliferarea organismelor provoacă și modificări în dinamica substanțelor organice. Pînă nu demult, se credea că variația concentrației în substanțe organice este relativ redusă în mări. Cercetările din ultimii ani au infirmat acest punct de vedere. Acestea au evidențiat nu numai o largă variație a conținutului global de substanțe organice, ci și extrema diversitate a acestora. În mări sînt eliberate o serie de substanțe organice *ectocrine* care joacă rol în dinamica biocenozelor, putînd fie să accelereze dezvoltarea acestora, fie să o inhibe. Deci, unele substanțe organice pot constitui factori stimulenți sau limitanți ai dezvoltării asociațiilor de organisme.

Determinările privind proporția în care intră elementele constitutive ale materiei vii în compoziția materiei organice din mări, au dus la concluzia că hidrocarbonatele constituie, din punct de vedere cantitativ, principalii compuși. Carbonul se prezintă în proporție de 2—3 mg/l, fosforul între 0,1—0,01 mg/l, iar azotul 0,2 mg/l. În prezent, evoluția materiei organice din mări și transformările pe care le suferă intră în preocuparea majorității colectivelor de cercetători ai oceanelor. Concluzia la care s-a ajuns pînă acum este că în mări și oceane are loc o acumulare treptată de materie organică sub diverse forme.

GAZELE DIZOLVATE ÎN APA MĂRILOR

Oxigenul. Solubilitatea oxigenului în apa de mare este dependentă de temperatură și salinitate. Temperatura crescută, ca și salinitatea crescută se opun dizolvării unei cantități prea mari de gaz. De aceea, apele tropicale au în general un conținut mai mic în oxigen decît cele polare. O serie de factori, între care contactul permanent cu atmosfera, valurile mareea și curenții, îmbogățesc apa în oxigen. La aceștia se mai adaugă plantele fotosintetizante care, în zona fotică, furnizează în apa mărilor o cantitate suplimentară de oxigen. Acești factori nu au un caracter permanent. O altă grupare de factori contribuie la sărăcirea apelor în oxigen, prin utilizarea și fixarea elementului în compuși ce conțin oxigen. Între acești factori, organismele ocupă primul loc. Atît animalele cît și plantele consumă oxigen pe care îl utilizează atît în procesele metabolice, cît și în sistemele extracelulare, adică de oxidare a unor compuși chimici dizolvați în apă. Oxigenul inclus în materia organică se eliberează odată cu eliminarea bioxidului de carbon în apă, iar prin descompunerea acestuia în procesul de fotosinteză este redat mediului. Toate organismele folosesc oxigen în raport cu intensitatea proceselor lor de metabolism. Consumul de oxigen de către organismele vii creează un decalaj al concentrației în oxigen între păturile de ape superficiale saturate în oxigen și cele din adîncime, asigurînd pe această cale difuziunea oxigenului spre adîncurile mărilor. Curenții pe verticală și migrația organismelor contribuie și ele la vehicularea oxigenului de la suprafață spre păturile inferioare ale apelor marine. Difuziunea liberă,

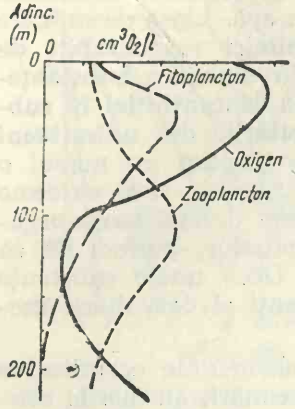


Fig. 184. Variația oxigenului cu adîncimea, în funcție de fitoplancton și zooplancton.

fără intervenția acestor factori, nu ar putea satura apele adînci în oxigen decît în decursul mai multor mii de ani.

Fotosinteza contribuie la îmbogățirea apelor în oxigen, dar aceasta are un pronunțat caracter diurn și sezonier, mai ales în regiunile temperată și polară, astfel că are o contribuție destul de inegală la oxigenarea apei. În zona de maxim fotosintetic se întîlnește și un maxim de saturație a apei în oxigen. Această zonă corespunde adîncimii medii de 25 m. Plantele utilizează și ele pentru nevoile lor metabolice o anumită cantitate din oxigenul produs. Din cauza aceasta în zona de compensație fotosinteza produce oxigen numai cît să satisfacă nevoile metabolice ale producătorilor. Această zonă constituie limita inferioară a zonei eufotice.

Studiul producerii și al consumului de oxigen de către vieţuitoarele mediului marin a intrat în atenția cercetătorilor, mai ales în ultimul timp. S-a constatat o corelație între productivitatea biologică a anumitor asociații și consumul de oxigen. Japonezii M i y a k e și S a r u n a s h i, în urma măsurătorilor de oxigen pe adîncimi între 0—200 m, au arătat că de densitatea planctonului depinde concentrația apei în oxigen (fig. 184). Zonele mai dens populate sînt mai sărace în oxigen.

Mari cantități de oxigen sînt utilizate pentru oxidarea materiei organice dizolvată în apa mărilor prin procese chimice extracelulare. Acest consum este dependent de temperatură. Astfel, N o v o s e l o v (1962) demonstrează că pentru asemenea procese se utilizează în Atlanticul de Nord între 0,83 și 1,48 cm^3 O_2 la litru, la o temperatură de 18°C, și între 0,04—0,24 cm^3 la o temperatură de 5°C (consumul este raportat la 24 de ore). Consumul de oxigen extracelular scade cu adîncimea, ceea ce denotă că temperatura intervine nu numai mărind gradul de solubilitate odată cu scăderea acesteia, ci și prin reducerea consumului de oxigen ca urmare a încetinirii vitezei de reacție. În unele fiorduri și zone de mare concentrație a organismelor (fenomenul „ape roșii"), oxigenul scade la mai puțin de 0,2 cm^3/l. Această pronunțată scădere se pune pe seama consumului de oxigen în procesele de descompunere a materiei organice externe, extrem de abundentă în aceste locuri.

În mări și oceane se întîlnesc fluctuații ale conținutului în oxigen atît pe zone geografice diferite, cît și în raport de adîncime (fig. 185). Apele polare reci și cu o salinitate mai redusă

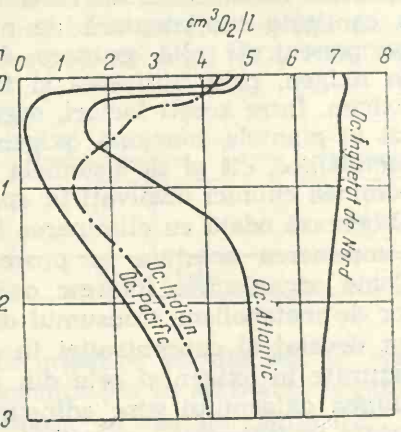


Fig. 185. Variația cu adîncimea a oxigenului din oceane.

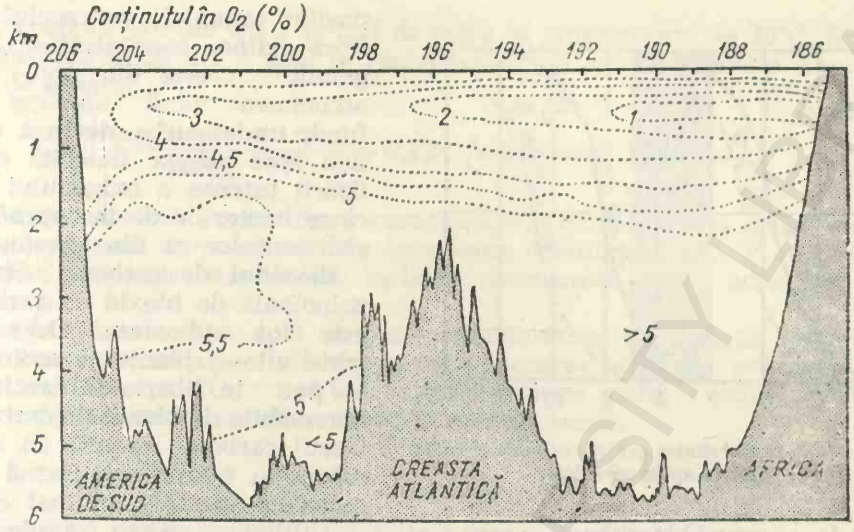


Fig. 186. Stratificația conținutului în oxigen, în Oc. Atlantic (după Dietrich și Kalle).

decît cele tropicale calde conțin o cantitate mai mare de oxigen (8 cm^3/l). Apele superficiale tropicale conțin numai 4,5 cm^3 O_2/l. Această stare de lucru se datorează în primul rînd factorilor fizici, dar nu este exclus ca și factorii biologici să joace un anumit rol. Se știe că intensitatea metabolismului este mai mare la tropice decît la poli, deci și consumul de oxigen mai crescut. O mare varietate de situații se întîlnește pe diferitele latitudini.

Deși în apele profunde factorii care intervin în variația oxigenului sînt mai constanți, cercetările au evidențiat o zonare pe verticală a apelor în ceea ce privește conținutul în oxigen. Astfel, în stratul superficial, oxigenul se găsește la saturație datorită contactului permanent cu atmosfera. Mai spre adînc, datorită fotosintezei, apele sînt mai bogate în oxigen, saturația putînd merge pînă la 180%. Sub zona eufotică, concentrația gazului scade în așa măsură încît în zona cuprinsă între 400—1 200 m apele conțin cea mai mică cantitate de oxigen măsurată în mări, gradul de saturație fiind aici sub 100%, deci deficitar. Zona aceasta poate varia în raport de latitudine, în ceea ce privește adîncimea la care se situează (fig. 186). Două ipoteze încearcă să dea răspuns fenomenului: una consideră că gradul de nesaturare în oxigen a acestei pături de ape s-ar datora stării de relativă „inerție" și, în primul rînd, lipsei curenților pe verticală în această zonă; o alta se bazează pe alterarea raportului dintre ^{16}O și ^{18}O care se datorează intervenției factorului biologic și biochimic. În zona de minim de oxigen, raportul dintre cei doi izotopi ai oxigenului este maxim. În această zonă se produce și o concentrare mare a produșilor organici care „cad" de la suprafață sub forma așa-numitei „ploi de cadavre". ^{16}O este utilizat cu precădere la oxidarea acestei substanțe pe cale biochimică. Această ipoteză pare a fi în concordanță și cu creșterea cantitativă a fosfaților și azotaților semnalată în această zonă, care sînt puși în libertate prin acțiuni bacteriene sau prin oxidarea com-

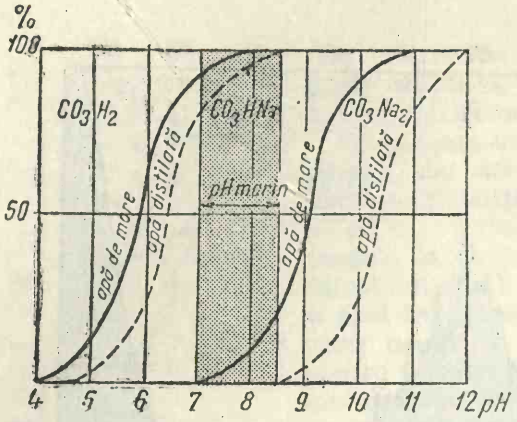


Fig. 187. Raportul dintre acidul carbonic și carbonații în apele oceanice.

pușilor organici extracelulari. Spre adînc, concentrația oxigenului crește din nou cu adîncimea pînă aproape de fund, unde curba deviază din nou spre stînga, datorită utilizării intense a oxigenului de către bacteriile de la suprafața sedimentelor și din acestea.

Bioxidul de carbon. Sursa principală de bioxid de carbon este tot atmosfera. Organismele vii — plante și animale — pun în libertate cantități apreciabile de bioxid de carbon. Gazul carbonic se află în apa mării nu numai sub formă de molecule de CO_2, ci mai ales legat în compuși bicarbonați și carbonați, constituind un sistem complex în care există un anumit raport între formele mai labile și mai stabile ale acestuia (fig. 187). Analiza graficului ne arată că este posibilă eliminarea gazului din sistem dacă reacția se deplasează în sensul formării carbonatului, care este un compus stabil ce se depune în sedimente. Echilibrul sistemului depinde mult de reacția mediului. Astfel, mediul alcalin favorizează formarea carbonaților, pe cînd cel acid, dimpotrivă, deplasează reacția spre stînga și determină punerea în libertate a CO_2. Presiunea parțială a gazului crește și în urma creșterii temperaturii, a salinității, a respirației organismelor. Apele mai adînci sînt mai bogate în bioxid de carbon decît cele superficiale. În zona minimului de oxigen, concentrația CO_2 este mare. Odată cu creșterea presiunii hidrostatice, se remarcă o deplasare a echilibrului sistemului spre eliberarea de CO_2. La mari adîncimi se întîlnesc mai ales bicarbonați; carbonații de calciu, de exemplu, lipsesc sau sînt puțini în argila roșie. Depunerea carbonaților de calciu în oasele organismelor din zona abisală se face greu, scheletul acestora fiind cartilaginos, slab impregnat cu săruri de calciu.

O mare dependență se observă între *p*H și conținutul de CO_2. Apa de mare are în general un *p*H alcalin, cu variații foarte mici chiar în zona superficială (8—8,3). Odată cu creșterea conținutului în CO_2 *p*H-ul scade, astfel că la adîncimea de 800 m *p*H-ul ajunge la valoarea de 7,5, iar sub această zonă *p*H-ul crește ușor, apoi se stabilizează la valoarea 8. Desigur, o oarecare influență asupra acestor fenomene exercită și presiunea hidrostatică.

Amplitudinea mică de variație a *p*H-ului se datorează intervenției substanțelor-tampon conținute în mod obișnuit de către apa de mare. În stări normale, apa marină este ușor alcalină, deci conține un excedent alcalin capabil să compenseze scăderea de *p*H prin neutralizarea excesului de acid. Excedentul de alcalinitate conținut în apa de mare poartă denumirea de *rezervă alcalină*, constituită din cationi bazici, asociați cu radicali ai acizilor slabi. Se definește ca rezervă alcalină sau „exces de bază" *cantitatea de acizi tari necesari pentru eliberarea ionilor acizi*

slabi, prezenți într-un litru de apă de mare la temperatura de 20°C. Între concentrația în săruri a apei și rezerva alcalină există o relație lineară, dată de ecuația:

$$\frac{\text{rezerva alcalină} \times 1\,000}{Cl‰} = 0{,}123 \text{ (alcalinitate specifică).}$$

Rezerva alcalină constituie o caracteristică fizico-chimică importantă și poate fi luată drept criteriu în aprecierea echilibrului $CO_2^{--} \rightleftharpoons CO_3^{-}$, dat fiind preponderența ionului carbonic comparativ cu cel boric sau cu perboraţii.

Alcalinitatea conferă apei de mare caracteristica de „soluție tampon" care limitează oscilațiile *p*H-ului prin deplasarea stării de echilibru în cadrul echilibrului $CO_2^{--} \rightleftharpoons CO_3^{-}$, asigurîndu-se astfel condiții optime pentru desfășurarea ciclurilor vitale în mediul marin.

Capitolul XIII

ASOCIAȚIILE DE ORGANISME MARINE

Organismele din mediul marin formează asociații sau biocenoze nu numai de o extrem de mare stabilitate și complexitate, dar adesea și extrem de extinse. În raport cu condițiile oferite de biotop, asociațiile sînt de tip *autoheterotrof* sau *heterotrof*. Ele se instalează pe toată adîncimea oceanelor, astfel că pînă și la adîncimea de 10 000 m sondajele au putut scoate la suprafață viețuitoare. Bacteriile, datorită plasticității lor funcționale, se găsesc răspîndite atît în pelagial cît și în bental și adesea chiar în adîncimea depozitelor. Între asociațiile mediului marin granițele sînt mai mult convenționale. În ceea ce privește participarea viețuitoarelor la transformarea materiei organice și anorganice, cît și la desfășurarea circuitului materiei și energiei, fiecare asociație are un rol bine precizat în acest proces.

PLANCTONUL

Domeniul apelor libere, adică pelagialul, cuprinde, ca și la apele dulci, două mari formațiuni de organisme, definite prin raportul lor față de mediu. Acestea sînt: *planctonul* și *nectonul*. Este o imposibilitate separarea lor precisă, deoarece, după concepția actuală, organismele planctonice nu sînt atît de imobile încît să se limiteze ca răspîndire numai la pătura superficială de ape (zooplanctonul putînd fi întîlnit chiar la adîncimile cele mai mari). Nectonul, caracterizat prin mare mobilitate în ce privește deplasarea, de asemenea se află răspîndit în întregul pelagial.

Planctonul marin a fost studiat sistematic pentru prima dată de către H e n s e n (1887) care, de altfel, a și introdus această noțiune în știință.

El a definit planctonul ca „tot ce plutește în apă". Definiția este mult prea largă, deoarece în stare de plutire se mențin adesea și substanțe suspensoide inerte, cu condiția ca diferența de densitate între acestea și apa de mare să fie minimă.

Kolkwitz definește planctonul ca fiind ansamblul de organisme vii, vegetale și animale, care în întreaga perioadă ontogenetică, sau numai în anumite stadii ale acesteia, se mențin în stare de plutire liberă mai mult sau mai puțin pasivă în masa apei. Organele de înot le asigură doar posibilitatea de deplasare pe zone restrînse ale biotopului, fără a se putea opune curenților. După Savilov (1958), în categoria de plancton intră și organismele care trăiesc strîns legate de pelicula superficială de apă creată de tensiunea superficială, și anume *neustonul.*

Planctonul marin se grupează după mai multe criterii de clasificare, toate avînd însă un pronunțat caracter artificial. După criteriul biologic, organismele planctonice pot fi încadrate în categoria de *holoplancton*, sau plancton adevărat, atunci cînd trăiesc ca organisme planctonice toate etapele ontogenice de dezvoltare. Spre deosebire de acestea, *meroplanctonul* cuprinde organisme care numai în anumite perioade din dezvoltarea lor ontogenetică (mai ales în stadiul de ou, puiet sau larvă) fac parte din plancton. După zona în care se situează, putem vorbi de *plancton neritic*, adică cel care trăiește în apele de deasupra platformei continentale, și *plancton oceanic*, cel care trăiește în zonele de larg oceanice. Din punct de vedere al apartenenței la regnul animal sau vegetal, planctonul se diferențiază în *fitoplancton* și *zooplancton.*

Captarea organismelor planctonice se face cu ajutorul plaselor planctonice, care au anumite dimensiuni ale ochiurilor cît și o construcție ce permite prinderea organismelor de la diferite adîncimi. Deschiderea plasei este, de asemenea, dimensionată, pentru a se putea calcula volumul de apă filtrat. Plasele sînt remorcate de vase un anumit timp. Cunoscîndu-se viteza de deplasare a vasului, precum și diametrul deschiderii fileului, se poate calcula volumul de apă din care s-a colectat planctonul. După colectare, planctonul se conservă în formol și se analizează la microscop. Vasele de cercetări mai utilizează pentru captarea planctonului de dimensiuni mai mici și filtre de colodiu, precum și centrifuge speciale.

FITOPLANCTONUL MARIN

Este constituit din plante, în majoritate unicelulare. Diatomeele, dinoflagelatele, fitomonadinele, silicoflagelatele, cocolitoforideele și unele cloroficee și peridinee posedă numeroși reprezentanți în fitoplanctonul marin.

Pentru a putea trăi în stare de plutire liberă, formele fitoplanctonice au suferit o serie de adaptări specifice. Se știe că protoplasma oricărui organism are densitatea mai mare decît a apei de mare de aproximativ 1,2—1,6 ori, ceea ce nu este compatibil cu menținerea în stare de plutire liberă. Cu toate acestea, organismele fitoplanctonice, atît timp cît sînt vii, nu se afundă în apă ci trăiesc la anumite nivele, în raport de nece-

sităţile lor faţă de condiţiile de mediu. Pentru realizarea acestei stări, organismele au suferit adaptări specifice, de natură morfologică şi fiziologică, utile menţinerii în starea de plutire liberă. Aceste adaptări constau în diminuarea greutăţii specifice în raport cu cea a mediului în aşa fel în cît greutatea specifică a organismului în întregul său să fie cît mai apropiată de cea a mediului. Aceasta se realizează pe mai multe căi. Prin reducerea la mixim

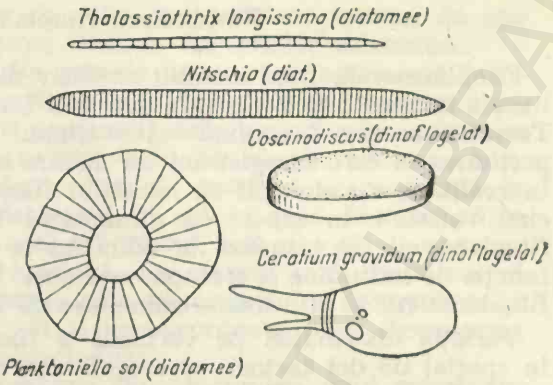


Fig. 188. Adaptări morfologice ale fitoplanctonului.

um a părţilor dure, a crustelor, greutatea organismului se apropie mult de aceea a apei. Pe de altă parte, se realizează o creştere a suprafeţei portante prin o serie de prelungiri ale protoplasmei, care de obicei prezintă şi o serie de ramificaţii. Prin aceasta, suprafaţa de contact cu mediul creşte, iar pin frecare se opune scufundării. Organismele planctonice au de obicei dimensiuni mici. Cu cît aceste dimensiuni sînt mai reduse, cu atît suprafaţa în ansamblu a indivizilor este mai mare, adică un număr oarecare de indivizi de talie mică, ocupînd un oarecare volum, vor expune o suprafaţă de contact cu mediul mai mare decît în cazul cînd volumul respectiv va fi ocupat, de exemplu, de un singur individ. Forma multor organisme planctonice este adecvată opunerii la scufundare. Multe forme au corpul acicular, alungit: aşa este cazul unor diatomee (*Rhizosolenia, Ceratium*). Altele au formă de disc turtit (fig. 188). Formarea de colonii contribuie, de asemenea, la creşterea suprafeţei de contact şi la îngreunarea scufundării. Diatomeele şi unele mixofite formează astfel de colonii.

În afară de adaptările morfologice se produc şi adaptări fiziologice extrem de interesante. În raport de viscozitatea apei şi de sezon, unele organisme îşi reduc gradul de impregnare a crustelor. Formele din sezonul cald au crustele fine, pe cînd cele din sezonul rece au crustele mai puternic impregnate. Gross şi Zeuthen au evidenţiat un fenomen de *eliminare a ionilor grei din protoplasmă*, fapt ce asigură menţinerea unui raport cît mai redus dintre densitatea organismului şi cea a mediului. Unele forme de diatomee şi copepode polare şi subpolare acumulează în corpul lor produşi graşi sub forma unor incluziuni sau picături care, pe lîngă faptul că uşurează corpul în raport cu mediul, constituie şi substanţe de rezervă. La alte forme se produc vacuolizări ale celulei, iar altele emit prelungiri protoplasmatice deosebit de interesante. Toate aceste adaptări, atît de natură morfologică cît şi fiziologică, sînt utile fitoplanctonului pentru menţinerea în stare de plutire.

Răspîndirea fitoplanctonului

Fitoplanctonul, fiind alcătuit exclusiv din organisme vegetale, se localizează în zona fotică. Energia necesară fotosintezei se obține de la soare. Teoretic, aceasta înseamnă că maximul fitoplanctonic se situează în porțiunea în care înregistrăm un maxim al intensității radiațiilor solare. În realitate, s-a dovedit că maximul fitoplanctonic se situează la adîncimi variabile în raport cu diminuarea fasciculului luminos. Maximul fitoplanctonic se situează la adîncimi ce oscilează între 25—55 m, în funcție de latitudine și transparența apei. În Marea Sargasselor, maximul fitoplanctonic se situează la adîncimea de 100 m.

Variația distribuției pe verticală a fitoplanctonului este determinată în special de doi factori: *a)* inegalitatea de penetrație a radiației luminoase; *b)* conținutul în bioelemente.

S-a constatat că diatomeele utilizează fracțiunea albastră a spectrului în mai mare măsură decît fracțiunea roșie și verde. Or, se știe că fracțiunea albastră pătrunde mai adînc decît cea roșie și verde.

În apele marine fotosinteza nu se desfășoară cu maximum de randament în condiții de luminozitate intensă. În astfel de condiții algele utilizează numai 2% din spectru, pe cînd în caz de luminozitate slabă ele utilizează pînă la 20% din lumina incidentă. Steeman—Nielssen (1957) a stabilit o relație între fotosinteză și diminuarea intensității luminoase cu adîncimea (fig. 189). Maximul de fotosinteză, deci de sinteză organică, se află la adîncimea la care fasciculul incident se reduce la 1/3 din valoarea lui de la suprafață; aceasta se situează la adîncimea medie de 25 m. În această zonă, radiațiile roșii sînt aproape total absorbite, iar cele verzi și albastre sînt reduse la o treime din valoarea inițială. În condiții de luminozitate redusă, cauzată de prezența vaporilor de apă în atmosferă, la suprafața oceanului se constată o intensificare a fotosintezei, aproximativ de aceeași valoare ca în zona de 25 m adîncime. Rezultă că *lumina puternică poate frîna sau limita dezvoltarea organismelor vegetale.*

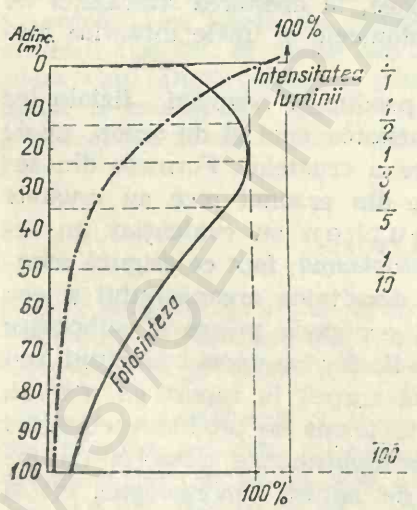


Fig. 189. Variația fotosintezei în raport de intensitatea luminoasă.

În afara factorului lumină, mai intervin și o serie de alți factori convergenți, în urma acțiunii cărora fitoplanctonul se dispune inegal în diversele zone maritime. Variațiile produse de acțiunea diverșilor factori în populația planctonică vegetală pot fi: *a)* locale; *b)* latitudinale; *c)* sezoniere.

Variațiile locale sînt prezente atît în sectorul neritic, cît și în cel oceanic al pelagialului. Ele constau în existența unor aglomerări maxime ale planctonului vegetal pe arii mai reduse, alternînd cu densități scăzute. Cauzele care determină astfel de fenomene sînt multiple. Dintre acestea, amintim:

mișcările de apă; consum minim de către zooplancton; aportul de ape dulci și substanțe minerale terigene; situarea depozitelor submarine.

În cazul în care una sau alta din cauzele de mai sus acționează favorabil, se produce aglomerarea fitoplanctonică prin înmulțirea populației.

Variațiile latitudinale au și un pronunțat caracter *sezonier*, mai ales în zonele unde se manifestă un anumit ciclu anual, alternativ cu anotimpurile. La poli, densitatea fitoplanctonică maximă se manifestă în cursul verii polare. Aceasta se datorează în primul rînd faptului că în cursul verii polare soarele luminează tot timpul, atît ziua cît și noaptea. De fapt, vara polară este o zi continuă. La aceasta mai contribuie și bogăția mare în substanțe minerale utile acumulate în decursul celor aproape 8 luni de iarnă polară, cît și neconcordanța între dezvoltarea maximă a fitoplanctonului și zooplanctonului.

Regiunile subpolare au două maxime fitoplanctonice, unul primăvara și altul toamna. În perioada estivală și de iarnă, densitatea fitoplanctonului scade ușor. Există și aici diferențe locale, astfel că în apele litorale ale Norvegiei maximul fitoplanctonic este mai prelungit decît în larg.

Regiunile temperate cunosc, de asemenea, evoluția fazică în ceea ce privește densitatea fitoplanctonului. Aici se remarcă un maximum primăvara și altul mai redus toamna. Diferențe mari s-au obținut mai ales în ceea ce privește conținutul de pigmenți și mai mici în ceea ce privește produsul uscat. În sezonul de vară domină mai ales formele heterotrofe și depigmentate.

Apele tropicale și ecuatoriale oceanice posedă un fitoplancton relativ sărac și cu reduse variații sezoniere. Anotimpul influențează destul de puțin biotopul. Aglomerări fitoplanctonice zonale se produc și aici, dar sînt cauzate de curenții de convecție și de convergență, care scot la suprafață substanțe biogene. Musonii și alte mișcări atmosferice violente, răscolind apa oceanului pe adîncimi relativ mari, pot, de asemenea, contribui la creșterea cantitativă a fitoplanctonului. Aceste acțiuni se petrec atît în larg cît și în zona litorală.

În Antarctica, fitoplanctonul este dominat de diatomee *(Planșa XIX)*, între care cele mai frecvent întîlnite sînt: *Thalassiosira antarctica*, cu distribuție circumpolară, stenotermă și stenohalină; *Chaetoceros cryophilus, Chaetoceros neglecus* și *Fragilaria curta*. Fitoplanctonul arctic este dominat tot de diatomee. Speciile cele mai frecvent întîlnite aici sînt: *Thalassiosira hyalina, Fragilaria oceanica* și *Bacteronia fragilis*. În mările subpolare Kara și Barentz, determinările făcute de U s a t s e v au evidențiat următoarea situație:

Bazinul	Peridinee (%)	Diatomee (%)	Alte forme (%)
Marea Barentz	39—43	51—53	6—8
Marea Kara	21—32	63—73	5—6

Și aici predominante sînt tot diatomeele. În zona temperată se întîlnesc mai ales forme cosmopolite, adaptate la variații de temperatură *(Thalassionema nitzschoides, Chaetoceros compressus)*. Apele tropicale

sînt dominate de specii de *Planctionella, Chaetoceros, Peridinium*. Formele, avînd impregnări calcaroase, sînt mai frecvent întîlnite în apele tropicale.

Producția primară a apelor marine

Noțiunea de „producție primară" se referă mai ales la plantele fotosintetizante, deși se știe că și unele bacterii posesoare de pigmenți asimilatori pot produce materie organică prin fotosinteză, tot așa cum unele bacterii produc materie organică prin chemosinteză.

Plantele autotrofe, folosind lumina solară de diferite lungimi de undă, produc materie organică pe seama compușilor anorganici din apa mărilor, cu ajutorul pigmenților asimilatori din celulă. Bioxidul de carbon, fosfații și azotații, iar în unele cazuri sărurile de amoniu, constituie materialul de bază din care se sintetizează întreaga gamă de produși organici necesari metabolismului, de la hidrații de carbon la cele mai complexe enzime. Datorită proprietății pe care o au plantele fotosintetizante de a sintetiza substanță organică, acestea au fost denumite „producători primari".

În circuitul materiei organice din bazinele marine, plantele fotosintetizante constituie veriga principală a lanțului de procese care însoțesc transformările acestei materii. Plantele autotrofe constituie sursa principală de materie organică a bazinelor marine. De valoarea acestei surse va depinde, de altfel, întreaga producție biologică a bazinului. Ele constituie inelul primar al lanțurilor trofice din mări.

Producția primară a fitoplanctonului se limitează la zona eufotică a bazinelor. În cuprinsul acestei zone, fitoplanctonul constituie principalul component, dat fiind răspîndirea lui largă pe toată grosimea zonei. Plantele bentonice macrofite și microfite au și ele o contribuție în producerea de materie organică, dar acestea au o arie mult mai restrînsă de răspîndire. Datorită tehnicilor moderne de cercetare, în anii din urmă s-au obținut rezultate importante în studiul producției primare a fitoplanctonului. S-a reușit să se precizeze factorii care intervin în diminuarea și creșterea producției, precum și măsurarea cu mare precizie a acestei producții.

Estimarea producției primare se face prin două categorii de metode și anume: *directe* și *indirecte*.

Metodele directe de estimare au la bază procedeele clasice folosite timp îndelungat și prezintă avantajul unei verificări îndelungate. Dezavantajul principal constă în migala și încetineala cu care trebuie lucrat. Pentru determinare, se procedează la obținerea fitoplanctonului cu ajutorul plaselor planctonice de diferite dimensiuni și apoi la măsurarea lui cantitativă, numărînd la microscop sau binocular indivizii colectați, apoi raportîndu-i la volumul de apă trecută prin filtru. Tot în acest mod se trece prin filtru sau fileu apa recoltată de la diverse adîncimi cu ajutorul unor butelii sau aparate speciale pentru separarea nanoplanctonului. Se mai utilizează frecvent centrifugarea unor probe de apă, iar din sediment se identifică cu aparatele de mărit formele fitoplanctonice. Cunoscînd volumul de apă centrifugat, numărul și dimen-

siunile organismelor identificate, se poate determina indicele planctonic al ariei marine sondate.

Cultura formelor în laborator, prin diluții succesive ale conținutului, apoi examinarea probelor la microscop și corelarea lor cu situația din natură, se utilizează astăzi atît pe vasele de cercetare, cît și în laboratoare.

În prezent se utilizează cu randament mai mare metodele de analiză chimică. Ele constau în prelucrarea chimică a produselor colectate prin diferite procedee. Se determină pe cale chimică conținutul în diverse substanțe în sezoane diferite, în cursul nopții sau zilei, și se fac comparații pe baza cărora se pot trage concluzii prețioase cu privire la desfășurarea fotosintezei.

Analiza pigmenților asimilatori a intrat în practica curentă de cercetare a producției primare. Ea constă în separarea prin diferite procedee a pigmenților asimilatori. Prima analiză de acest fel a fost efectuată de către H a r v e y, care a separat componenta colorată și a determinat-o prin comparare la spectrofotometru cu o soluție etalon formată din cromat de potasiu și sulfat de nichel. Practic, astăzi, se procedează astfel: un volum de apă de mare cunoscut se trece prin filtru sau fileu pentru reținerea tuturor organismelor fitoplanctonice. Pigmentul clorofilian se extrage cu acetonă, apoi se cercetează la spectrofotometru. Rezultatele obținute se raportează la populația fitoplanctonică, cunoscîndu-se că diferitele organisme ce intră în constituția fitoplanctonului au în compoziția lor o cantitate anumită de pigment. S-a stabilit pe această cale că clorofila reprezintă 3—4% din totalul substanței organice a fitoplanctonului.

Metodele indirecte sînt mai complicate, dar au avantajul că au un grad de precizie mai mare și se pot aplica pe suprafețe mai întinse. Un indice al producției primare îl constituie consumul de săruri nutritive. Se cunoaște faptul că fitoplanctonul are nevoie în primul rînd de carbon, azot, fosfor și oxigen, pentru sinteza de substanță organică. Pentru estimarea producției primare se utilizează raportul în care se găsesc carbonul, azotul și fosforul în compoziția fitoplanctonului. Acest raport este de 42/7,3/1. Se determină cantitatea de carbon, azot și fosfor din mediu și gradul lor de utilizare. Aceste date oferă indicii cu privire la intensitatea procesului de fotosinteză. Metoda prezintă două mari inconveniente, și anume: trebuie efectuate studii pe arii foarte largi, iar în al doilea rînd aceste componente pot fi folosite la un moment dat și de alte organisme.

Producerea și consumul de oxigen furnizează, de asemenea, date cu privire la fotosinteză, cunoscîndu-se faptul că în procesul de fotosinteză se produce și se eliberează oxigen. În același timp, fotosintetizantele și consumă oxigen. Măsurarea schimbului de oxigen se poate face pe două căi: *a)* cu ajutorul *metodei manometrice*, folosind aparatul Warburg, și *b)* prin *metode comparative*. În cazul primului procedeu se iau probe de apă de la același nivel în butelii de sticlă cu volum identic, dar cu transparențe diferite, adică un flacon va fi transparent, altul total opac. Inițial se măsoară oxigenul din mediul de unde se iau probele. Buteliile se mențin scufundate la adîncimea de la care s-au recoltat probele. În butelia transparentă, fotosinteza se va produce cu o intensitate anumită,

dependentă de cantitatea pigmentului asimilator și de lumina incidentă, pe cînd în cea întunecoasă nu are loc fotosinteză. După un anumit timp de expunere se determină oxigenul în ambele flacoane și se compară rezultatele. Se cunoaște că pentru fiecare cm^3 de oxigen eliberat în fotosinteză se asimilează 0,536 mg carbon; este ușor de calculat, ținînd seama de proporția dintre acesta și ceilalți componenți, cantitatea totală de materie organică produsă în unitatea de timp și volum.

După descoperirea radioactivității artificiale și producerea de carbon radioactiv, a început utilizarea acestuia pentru determinarea producției primare. Metoda este relativ simplă, precisă și rapidă. A fost utilizată pentru prima dată de către membrii expediției „Galathea" (1950). Se determină prin metode chimice cantitatea de CO_2 liber din apa mării. Într-o cantitate determinată de apă marină se introduce o anumită cantitate de $^{14}CO_2$. Se consideră că asimilarea acestuia din urmă se face cu același randament ca și asimilarea $^{12}CO_2$ existent în mod obișnuit în apă. După un anumit timp se iau probe de apă și, prin filtrarea lor, se obține o cantitate de substanță vie uscată, a cărei radioactivitate se măsoară cu ajutorul unor instalații adecvate. Se folosesc mai ales filtrele de colodiu pentru reținerea planctonului. Utilizînd diverși factori de proporționalitate, se determină apoi cu ușurință carbonul asimilat de fitoplancton. Pe baza acestor date se determină producția fitoplanctonului raportată la timp și volum sau la suprafață. Experiența poate fi făcută și în condiții de laborator.

Metodele indirecte sînt mai rapide și destul de precise. Cu toate acestea, rezultatele obținute cu diversele procedee sînt diferite ca valoare. Aceasta presupune existența unor erori care se pot elimina numai dacă se utilizează concomitent mai multe metode.

Factorii care influențează producția primară

Multitudinea factorilor conjugați care contribuie la menținerea și repetarea ciclică a producției primare a fost grupată în două categorii: *a)* factori primari sau indispensabili; *b)* factori secundari.

Factorii primari intervin *direct* sau *indirect*. Cei care intervin direct au un caracter permanent și influențează nemijlocit producția primară din mări. Dintre aceștia, energia luminoasă, sărurile nutritive și oligoelementele se situează pe primul plan. Factorii primari indirecți sînt aceia care influențează indirect producția primară, determinînd mai ales p u s e e l e fitoplanctonice. Dintre aceștia, circulația pe verticală, curenții de convecție și aportul fluvial sînt mai importanți. Factorii secundari condiționează și ei producția planctonică, dar nu au caracter permanent. În categoria acestora intră reproducerea, consumul de fitoplancton de către zooplancton, temperatura și starea fiziologică a populației.

Factorii primari direcți. L u m i n a ca factor energetic este cel mai important. Lumina asigură vegetalelor marine energia necesară procesului de fotosinteză. Această energie, sub formă chimică, este înmagazinată de către plante în produșii organici și mai ales în legăturile labile macroergice ale fosforului (ADP, ATP) și utilizată succesiv în cadrul tuturor verigilor lanțului trofic din mări. Producția primară se limitează

Tabelul 25

Conținutul în elemente biogene a fitoplanctonului marin. La *100* g carbon corespund... ...g bioelement (după P é r è z, 1965)

Grupa planctonică:	Bioelementele (în g)					
	C	N	P	Fe	Ca	Si
diatomee	100	18,2	2,7	9,6	12,5	93,0
peridinee	100	13,8	1,7	3,4	2,7	6,6

la zona străbătută de radiațiile de lumină (0—200 m), deci factorul lumină limitează însăși existența plantelor fotosintetizante. Radiațiile luminoase acționează inhibant și dacă sînt în cantități prea mari, astfel că producția primară maximă se situează mai în adîncime (25 m) și nu imediat la suprafață unde lumina este mai puternică.

Sărurile nutritive joacă un rol important, arătat pentru prima dată de către Brandt (1898). Analizele făcute privind compoziția organismelor fitoplanctonice evidențiază existența unui raport bine determinat între constituenții elementari ai acestora (tab. 25). O serie de observații importante pun în lumină rolul jucat de sărurile nutritive pentru desfășurarea fotosintezei, și anume:

— concentrația maximă a acestor substanțe în mediu este iarna, cînd producția primară este minimă;

— primăvara, în zonele temperate, cînd se măsoară maximul fotosintetic, componentele biologice scad la minim;

— modificările concentrației în săruri biogene se corelează perfect cu cele ale populației fitoplanctonice.

Conform legii lui J. Liebig, dezvoltarea este permisă de factorul care în mediu se găsește în concentrații minime. Sub acest aspect, nu este necesar ca toate elementele biogene să fie în concentrație minimă pentru a determina o stagnare sau chiar un declin fitoplanctonic. Pentru aceasta, este suficient ca un singur element, de exemplu fosforul, să scadă sub anumite limite și întreaga asociație să se oprească la un anumit nivel sau chiar asociația să regreseze. Refacerea rezervelor de fosfor prin aport din depozitele bazinului poate face ca asociația să revină la dezvoltarea sa normală. Pe de altă parte, pentru o dezvoltare echilibrată a populației fitoplanctonice, nu este necesar un exces în compușii minerali utili. În caz de exces, plantele acumulează în cantități mai mari compușii respectivi, dar aceasta nu duce la dezvoltare. Raportul dintre conținutul în azot și fosfor al fitoplanctonului este de 16,7/1. Această valoare se menține atîta timp cît în mediu între N și P este un raport de 8/1. În cazul reducerii proporției dintre aceștia, celulele planctonice rămîn în viață, dar activitatea lor fotosintetică se reduce, rezumîndu-se la o producție de substanțe organice care să satisfacă nevoile imediate ale schimburilor celulare.

Unele forme, cum sînt diatomeele, pot utiliza pentru metabolism, în lipsa azotaților, sărurile de amoniu sau chiar amoniacul. Fosfații însă nu pot fi înlocuiți cu alți compuși; s-a demonstrat experimental că cel

mai adesea aceştia sînt responsabili de oprirea dezvoltării anumitor populaţii fitoplanctonice.

Fosfaţii sînt utilizaţi în fazele incipiente ale fotosintezei, deci au o dinamică mai mare decît alte componente. Problema carbonului nu se pune, întrucît acesta se găseşte în cantităţi suficiente pentru a satisface nevoile fotosintezei. Analizele au evidenţiat faptul că populaţia fitoplanctonică reuşeşte să acumuleze în timp cantităţi mai mari de bioelemente decît cele pe care le poate oferi mediul la începutul puseului fitoplanctonic. Aceasta se explică prin faptul că rezervele se refac continuu prin eliminarea în mediu a unor anumite cantităţi de bioelemente, o dată cu terminarea ciclului de evoluţie a anumitor forme. Aportul de săruri nutritive din zonele inferioare celei fotice poate juca, de asemenea, un rol pozitiv. Persistenţa de la un an la altul a insuficienţei în mediu a elementelor nutritive principale poate duce, cu timpul, la regresia întregii formaţiuni şi chiar la dispariţia întregii asociaţii pe zona afectată.

S i l i c a ţ i i ş i o l i g o e l e m e n t e l e. Siliciul este utilizat pentru construcţia scheletului de către numeroase forme, dar mai ales de către diatomee. Lipsa lui în mediu poate opri dezvoltarea populaţiei de diatomee, la fel ca oricare alt bioelement. Fierul, de asemenea, joacă un important rol în dezvoltarea şi creşterea producţiei primare. Adausul lui la culturile deficitare contribuie în mare măsură la dezvoltarea formelor din culturi. Diatomeele pot utiliza siliciul chiar dacă se găseşte sub formă coloidală. Adausul de mangan, potasiu şi calciu la culturile de diatomee contribuie, de asemenea, la dezvoltarea armonioasă a culturii. Pînă în prezent, studiile cu privire la rolul diferitelor oligoelemente pentru creşterea producţiei primare din mări sînt destul de reduse. Un accent din ce în ce mai mare se pune pe cercetarea rolului diferitelor oligoelemente în sporirea producţiei planctonice.

O altă grupă de substanţe care a atras în ultimul timp atenţia cercetătorilor o constituie m e t a b o l i ţ i i e x t e r n i. Pentru cercetarea lor sînt necesare tehnici deosebit de fine, dat fiind concentraţia redusă a acestora în mediu. Metaboliţii externi sînt substanţe de natură organică eliminate în mediu de către fitoplancton ca produşi de excreţie sau după moartea celulelor. Aceştia aparţin vitaminelor, hormonilor sau altor grupe specifice şi posedă acţiune caracteristică asupra populaţiei fitoplanctonice în ansamblul său sau numai asupra anumitor specii ce intră în componenţa acesteia.

Acţiunea exercitată poate fi favorizantă sau defavorizantă, selectivă sau colectivă. Enzimele pot acţiona asupra unor compuşi organici din mediu pe care îi degradează pînă la forme mai simple, adesea utile populaţiei planctonice şi, prin aceasta, se favorizează dezvoltarea populaţiei pe cale indirectă. S-a constatat că sterilizarea chimică a mediului nu opreşte procesele de mineralizare a substanţei organice, ceea ce înseamnă că procesul continuă pe cale enzimatică extracelulară. Acţiunea enzimelor extracelulare se manifestă atît în perioada de maxim fitoplanctonic, cît şi în perioada de declin. Diatomeele din mările nordice, în perioada lor scurtă de înmulţire rapidă, excretă în mediu anumiţi factori care inhibă dezvoltarea bacteriilor. Pe de altă parte, se cunosc greutăţile ivite în cultura bacteriană a diatomeelor.

Cowey (1956) a evidențiat un ciclu anual al vitaminei B_{12} în apele superficiale marine. Acest ciclu are un maximum de concentrație în vitamină iarna și un minimum primăvara și vara. Paralel cu această evoluție, organismele posedă maximul de concentrație internă în vitamină în sezonul cald. Vitamina B_{12} este sintetizată de bacterii și utilizată de către diatomee (de aici imposibilitatea creșterii lor pe medii complet sterile).

Substanțele de tip hormonal (fitohormonii) sînt puse în libertate tot de către organismele planctonice. Acidul indolacetic a fost determinat în apele superficiale ale mărilor. Acesta are acțiune favorizantă asupra dezvoltării unor organisme planctonice. Hormonii acționează fie ca factori de creștere, fie ca factori ce controlează utilizarea substanțelor nutritive din mediu.

Organismele fitoplanctonice excretă în mediu și anumite substanțe cu acțiune antibiotică. Asemenea substanțe inhibă activitatea mineralizatoare a bacteriilor. Algele eliberează de asemenea în mediu anumite substanțe toxice cu efect asupra unor organisme vegetale și animale planctonice. Diatomeele excretă în mediu antibiotice care acționează numai în condiții de anumit *p*H (4—6,5). Pe această bază s-a explicat conținutul steril al intestinului unor păsări din regiunile nordice, ele utilizînd forme planctonice pentru nutriție.

Planctonul, fie după moarte, fie chiar în cursul activității, elimină în mediu substanțe organice într-o gamă largă, simple sau mai complexe. Aceste substanțe, mai ales moleculare, pot contribui la nutriția formelor care se hrănesc prin osmoză (Pütter). Flagelatele, de exemplu, elimină în mediu cantități apreciabile de hidrați de carbon. Alte forme pun în libertate aminoacizi, peptone etc.

Departe de a fi lămurită, problema rolului metaboliților externi în separarea grupelor ecologice planctonice, în dinamica lor, constituie o problemă de larg interes pentru cercetarea științifică a mediului marin. Problema prezintă și interes practic pentru obținerea unor produși vitaminici sau antibiotici. De asemenea, pentru mările închise, cunoașterea fenomenului ar putea fi utilizată în dirijarea și a altor procese biologice de mai largă desfășurare.

Factorii primari indirecți. Sînt cuprinși sub această denumire acei factori care contribuie la îmbogățirea apelor în elemente nutritive.

Reînnoirea apelor superficiale, prin venirea la suprafață a celor din păturile mai adînci, este un fenomen frecvent în anumite zone geografice. Literatura anglo-saxonă îl consemnează sub denumirea de „upwelling" (izvor spre suprafață). Fenomenul are loc în apele oceanice în care se întîlnesc curenții reci polari cu cei calzi ecuatoriali, mai ales în zonele litorale bătute de vînturi, cu direcție unică aproape tot timpul anului. Pe coasta peruană, curentul rece din sud, cunoscut sub denumirea de *Curentul Humboldt,* care antrenează apele reci din sud, la izbirea de șelful continental se ridică spre suprafață, în timp ce apele litorale calde sînt împinse spre larg de vînturile care bat dinspre uscat. Aceste ape, prin curenții verticali pe care îi provoacă, scot la suprafață cantități mari de fosfați și azotați care contribuie la „înflorirea" apelor pe zone largi. Planctonul servește drept hrană numeroșilor pești planctonofagi (mai ales hamsia — *Engraulis vingens)* din această regiune, iar cu aceștia

se hrănesc milioanele de păsări ce staționează pe insulele din larg și dau naștere la depozitele imense de guano. Coastele apusene ale Africii sînt, de asemenea, atinse de curentul sudic — *Benguela* — al Guineei, care produce fenomene similare cu cele descrise anterior.

Întîlnirea a două mase de apă (convergență), avînd temperaturi diferite, determină modificări de densitate, care sînt superioare mediei celor două densități, iar ca rezultat apa dinspre suprafață „cade" spre adînc, iar spre suprafață vin ape mai bogate în substanțe nutritive, cu consecințe favorabile asupra producției primare. Curenții locali determinați de diverse cauze contribuie, de asemenea, în mare măsură la îmbogățirea apelor superficiale de larg în materii nutritive.

Aportul fluvial, mai ales în mările litorale și închise, este important pentru producția primară a fitoplanctonului. Cercetările efectuate de către H a l i m (1960) au arătat că bogăția planctonică, precum și „înfloririle" planctonice semnalate în Mediterana sud-estică, se datoresc aportului de substanțe nutritive transportate de către Nil. Nilul (înainte de intrarea în funcțiune a barajului de la Assuan) transporta anual peste 286 100 tone siliciu și aproximativ 5 780 tone fosfor. Aportul Nilului în substanțe nutritive avea un aspect periodic, astfel că în luna august, de exemplu, aportul de elemente nutritive determina o proliferare aproape instantanee a populației de diatomee. Astfel, numărul de diatomee s-a constatat că creștea de la 66 000 la 2 400 000 indivizi la litru, ca urmare a creșterii debitului fluvial. Influența fluviului se resimțea în largul mării pe distanțe de pînă la 15 mile de la vărsare și cuprindea o largă fîșie a apelor de coastă, mai ales spre est. După construirea barajului Assuan, apele Nilului nu mai aduc mîl și săruri nutritive în M. Mediterană. Ca urmare, se constată o puternică scădere a fitoplanctonului în tot bazinul de est al Mediteranei și, în consecință, a întregului pescuit din această zonă.

Factorii secundari, atît *direcți* cît și *indirecți,* acționează mai ales asupra reproducerii. Reproducerea, viteza cu care are loc, precum și durata ciclurilor de reproducere legat de parcurgerea etapelor de dezvoltare, joacă un important rol în apariția puseelor planctonice. Marea majoritate a organismelor fitoplanctonice se înmulțesc prin diviziune directă. Numărul de diviziuni eșalonate pe intervale de timp are însă un caracter specific. Astfel, după G r a m, *Chaetoceros compressus* se divide în condiții normale de 7 ori în trei zile, pe cînd *Rizosolenia alata* se divide de numai 6 ori în cinci zile. Factorii care acționează accelerator sau inhibitor asupra procesului de reproducere sînt numeroși, dar mai importanți sînt factorul energetic și temperatura. Pe baza cunoașterii acestor factori s-au emis o serie de ecuații experimentale care precizează numărul de diviziuni posibile în funcție de acești factori. M a r g a l e f (1957) consideră că viteza de diviziune este în funcție de raportul dintre suprafață și volum:

$$s/v = f(E),$$

în care f este viteza de diviziune, s/v — raportul dintre suprafață și volum, iar E — un factor ce depinde de specie.

Problema însă nu este atît de simplă cum pare la prima vedere. Se știe că în anumite perioade ale anului, pe anumite arii geografice, se

produce fenomenul de „înflorire" a apelor, deci de înmulțire a organismelor fitoplanctonice în mod exagerat. Fenomenul este determinat adesea de înmulțirea rapidă a unei singure grupări vegetale sau a unei singure specii, care întîlnește cele mai potrivite condiții de mediu pentru dezvoltare. Între factorii care intervin în asigurarea unei reproduceri rapide amintim: temperatura, bogăția în săruri nutritive, dezvoltarea exagerată a fitoplanctonului etc.

Metabolismul este influențat la rîndul său de o serie de factori abiotici și biotici. Temperatura influențează metabolismul fiecărui organism în parte sau al întregii populații. Influența temperaturii asupra fitoplanctonului are mai ales un caracter selectiv. Metabolismul organismelor vegetale prezintă o mare suplețe în adaptarea la temperaturi modificate. Legea stabilită de V a n't H o f f (Q_{10})are aplicabilitate și aici, deși nu absolută.

Bogăția în substanțe nutritive influențează asupra metabolismului fitoplanctonului. Lipsa de fosfor se resimte mai ales între tropice, unde schimbul de apă pe verticală este mult scăzut. Celelalte bioelemente și oligoelemente influențează asupra stării fiziologice a populației. Fosforul are, în acest sens, cel mai important rol, el intervenind în succesiunea transformărilor metabolice intermediare. Salinitatea și lumina influențează, de asemenea, metabolismul.

Consumul fitoplanctonului de către zooplancton este, de asemenea, o cauză a reducerii producției primare. Zooplanctonul, și în special copepodele, folosesc ca hrană fitoplanctonul. Analiza conținutului tubului digestiv al acestora evidențiază numeroase forme fitoplanctonice care intră în compoziția hranei. Mai ales „filtratorii" utilizează ca hrană formele fitoplanctonice de dimensiuni mici.

Consecințele ecologice ale acțiunii diverșilor factori asupra producției primare

Acțiunea diferită a diverșilor factori asupra producției primare a determinat o diferențiere a productivității vegetale a zonei fotice. Factorul lumină nu numai că limitează producția primară la zona superficială în care pătrunde dar, datorită inegalității de absorbție a diferitelor fracțiuni, precum și acțiunii nocive a altora (razele U.V.), lumina determină o zonare pe verticală a producției primare. Se disting: *a)* o zonă *superficială*, cu producție primară scăzută, datorită acțiunii destructive a luminii incidente puternice; *b)* o zonă *subsuperficială* (1—25 m) corespunzînd unei producții primare ridicate, raportul dintre *P/R* (*P* — producție, *R* — respirație) fiind de ordinul 5/20; *c)* o zonă situată sub cea anterioară, caracterizată prin scăderea progresivă a raportului dintre *P/R*.

La un moment dat, acest raport ajunge să fie egal cu unitatea. Aici se situează punctul de compensație, cînd producerea de oxigen prin fotosinteză nu depășește nevoile proprii ale fitoplanctonului. Adîncimea păturii de apă în care are loc producția primară variază cu regiunea oceanică la care ne referim. În zona neritică, grosimea păturii eufotice este redusă; în schimb, densitatea planctonică este mare. În regiunea

oceanică, datorită transparenței crescute, grosimea păturii eufotice este și ea mare, în schimb densitatea fitoplanctonică este mică. Luate în ansamblu, cele două zone dau aproximativ aceeași producție. Cercetările făcute în cadrul Anului Geofizic Internațional 1958 au delimitat două regiuni distincte în ceea ce privește producția primară, și anume: o *regiune eutrofică,* sub raportul producției primare corespunzînd neriticului; o *regiune oligotrofică,* cuprinzînd pelagialul oceanic.

Măsurătorile făcute cu ajutorul izotopului radioactiv ^{14}C în Atlantic, începînd din dreptul Mării Nordului pînă în dreptul Mării Mediterane, au evidențiat o serie de producții diferențiate în raport de latitudinea și depărtarea de țărm (S o r o k i n, 1961). În Atlanticul de Nord, apele litorale au o producție primară de 0,8—3,7 gC/m^2, aici fitoplanctonul prezentînd fenomenul de „înflorire de primăvară", iar transparența nu depășește 8 m. Apele au culoare verzuie și sînt bogate în fosfor (0,2—66 mg/m^3). Bogăția în fosfor crește cu adîncimea, iar scoaterea la suprafață a bioelementului se realizează prin curenții de convecție. În zona oceanică, producția primară este cuprinsă între 0,25—0,52 g C/m^2, bogăția în fosfor variind între 0,1—0,2 mg/m^3, iar transparența măsoară pînă la 120 m. Apele tropicale au o producție primară scăzută (0,1—0,2 gC/m^2), sînt sărace în fosfor, iar amestecul pe verticală este redus. Producția primară cea mai scăzută a fost evidențiată în apele oceanice transparente, de culoare albăstruie, și este cuprinsă între 0—0,06 gC/m^2.

Locul producției primare a fitoplanctonului oceanic în producția vegetală a globului a fost precizat de către R y t h e r (1959), pe baza analizelor de clorofilă. În medie, zona eufotică conține între 0,10—0,50 mg clorofilă la m^3 apă, cu o medie de 0,25 mg/m^3. Cunoscîndu-se faptul că raportul dintre pigmentul asimilator și substanța asimilată uscată este de 1/100, s-a calculat că în pătura cuprinsă între 0—100 m adîncime revine o producție de 2,5 g substanță organică uscată la m^2 într-un an. Dacă adăugăm și producția vegetală bentonică, se ajunge la circa 3,0 g substanță organică uscată pe m^2 într-un an, ceea ce pentru întregul ocean planetar dă o valoare totală de $1{,}1 \times 10^{12}$ kg pe an.

Cu toată diferența în ceea ce privește producția globală între oceane și uscat, producția primară a oceanelor este de mare însemnătate pentru bilanțul energetic și al materiei de la suprafața planetei. Cunoașterea și folosirea legilor care întrețin și dirijază producția primară este una din problemele de bază ale hidrobiologiei contemporane, care își propune să studieze productivitatea bazinelor acvatice și factorii care o determină.

ZOOPLANCTONUL MARIN

Asociația este eterogenă atît în privința compoziției, cît și a stadiului de dezvoltare. Spre deosebire de fitoplancton, care este limitat în distribuția pe verticală de pătrunderea luminii, zooplanctonul este răspîndit pînă la cele mai mari adîncimi, avînd largi posibilități de adaptare la temperaturi coborîte și presiuni ridicate.

Organismele zooplanctonice aparțin diverselor grupe de organisme marine, începînd cu protozoarele și terminînd cu unii pești. După regiu-

nea topografică în care se situează, se disting organisme aparţinînd zooplanctonului *neritic*, adică acela care trăieşte în apele situate deasupra platoului continental, şi organisme aparţinînd zooplanctonului *oceanic*, adică acela care populează pelagialul oceanic.

După raportul lor cu viaţa planctonică, distingem organisme *zooplanctonice (Planşele XX şi XXI)* care trăiesc numai un anumit timp sub formă liberă, plutind mai mult sau mai puţin pasiv într-un anumit stadiu de dezvoltare, de obicei în stadiul de ou sau de larvă. În restul timpului trăind pe fund (bentos), organismele animale constituie ceea ce se numeşte *meroplancton* (mai ales larve de crustacei: *Cirripede, Sacculina, Peltogaster, Pagurus, Mysidae* etc.).

Formele care au permanent toate stadiile de dezvoltare în cadrul planctonului poartă denumirea de *holoplancton* sau plancton „adevărat".

Holoplanctonul, răspîndit atît în apele neritice ale pelagialului, dar mai ales în cele oceanice, cuprinde:

— protozoare, mai ales tintinide, radiolari, foraminifere planctonice, apoi pteropode (moluşte etc.). Ele au un schelet calcaros, feruginos, silicios sau chitinos; trăiesc în mări din cele mai vechi timpuri, iar după moarte resturile dure cad spre fund şi formează *depozitele eupelagice;* multe sînt forme de ape calde, tipic stenoterme. Studiul depozitelor, mai ales cele formate de *Globorotalia*, de *Globigerina*, a ajutat la reconstituirea paleohidrologică a oceanelor. Tot grupării protozoarelor aparţin şi radiolarii, avînd scheletul silicios care, după moartea organismelor, formează *depozitele cu radiolari*. Tintinidele aparţin infuzorilor ciliaţi;

— metazoarele sînt reprezentate mai ales prin nevertebrate, între care amintim: celenteratele, cu gruparea sifonoforelor şi a scifozoarelor (meduze); ctenarii; viermii grupele înrudite de nemerţieni, rotiferi, chetognate, multe anelide; crustacei aparţinînd diferitelor ordine, genuri şi specii; moluşte, între care mai frecvente sînt: pteropodele, heteropodele, mai puţin opistobranchiatele şi prosobranhiatele; echinodermele, reprezentate prin multe holoturii şi larve; unii tunicieri.

Meroplanctonul, reprezentat prin forme aflate în stadiul de ou sau larvă, aparţinînd organismelor bentonice sau nectonice, este localizat mai ales în regiunile pelagialului neritic. Are un pronunţat caracter sezonier, fiind în strînsă dependenţă de perioada de reproducere a formelor adulte. Este constituit din larve de spongieri ce apar ocazional, larve actinule de celenterate, meduzele hidropolipilor, larve pilidium de nemerţieni, larve şi ouă de crustacei, mai ales larvele „mysis" şi „zoe" ale creveţilor şi crabilor, moluşte şi echinoderme, larve de ascidii, polichete *(Heteronereis)*, precum şi adulţii multor myside, cumacee, isopode etc. care urcă noaptea la suprafaţă pentru hrană sau acuplare.

Formele planctonice, atît în stadiu larvar cît şi adult, au un grad mare de mobilitate comparativ cu formele planctonice vegetale. Adaptările la plutirea liberă nu sînt atît de riguroase ca în cazul fitoplanctonului, organele de propulsie contribuind în mare măsură la menţinerea în stare de plutire a organismelor zooplanctonice.

Adaptări la viața pelagică

Zooplanctonul este adaptat condițiilor de menținere în starea de plutire liberă în masa apei. Adaptările cele mai importante privesc *creșterea rezistenței mecanice* la scufundare prin *mărirea suprafeței de frecare* și prin *diminuarea greutății specifice* a organismului, în raport cu aceea a mediului ambiant. Creșterea rezistenței mecanice la scufundare se realizează prin creșterea suprafeței portante. Experiențele efectuate cu *Calanus finmarchicus* au demonstrat că viteza de scufundare depinde de lungimea medie a organismului. Indivizii de *Calanus* au fost urmăriți în cădere liberă printr-o coloană de apă avînd 25 cm înălțime, la temperatura de 18,5°C și salinitatea de 35,0 g/l.

Lungimea medie (mm)	Durata de scufundare (sec.)
2,1	181,3
3,0	74,3
4,0	31,0

Creșterea suprafeței portante se realizează prin reducerea taliei, prin lungirea apendicelor, turtirea corpului sau prin emiterea în afara celulei a unor filamente protoplasmatice la organismele unicelulare. Unele forme posedă pneumatofori, cu posibilități de reglare a volumului de gaz (sifonoforele). De asemenea, unele forme acumulează grăsimi sau își reduc părțile dure (copepodele). Prin toate aceste adaptări se realizează o apropiere dintre greutatea specifică a animalului și densitatea mediului.

Interesante modificări se produc și în ceea ce privește structura celulară și tisulară. Ouăle diverselor specii de moluște sînt prinse într-o substanță gelatinoasă, foarte bogată în apă, care permite „turtirea" pontei și mărirea suprafeței de contact cu apa. La radiolari, în jurul capsulei centrale se constituie un fel de sferule proteice avînd rol important în creșterea suprafeței de contact. La unele meduze *(Aurelia, Cyanea)*, concentrația în sulfați este mai mică decît concentrația acestora din mediul extern. Alte meduze au o concentrație a mediului intern de aceeași valoare cu mediul extern, de unde s-a dedus că organismele respective selectează ionii mai ușori și elimină în afara organismelor ionii mai grei. Părțile gelatinoase au, în general, în compoziție mari cantități de apă.

Adaptările zooplanctonului cuprind și alte sfere. Se știe că zooplanctonul înoată cu ajutorul unor *organe de propulsie*. Distanțele pe care se deplasează sînt scurte, iar viteza de deplasare este, în general, redusă. În fenomenele de apărare, transparența corpului joacă un rol important pentru aceste organisme. Aproape toate animalele planctonice sînt transparente, iar cele neustonice au culoare albăstruie, adaptare care le protejează față de dușmani.

Transparența și *culoarea albăstruie* sînt caracteristice numai organismelor care trăiesc pînă la adîncimi de cel mult 500 m; sub 500 m,

planctonul prezintă colorații extrem de diverse, dominînd roșul intens și negrul.

Fosforescența este, de asemenea, o caracteristică comună multor organisme planctonice. Ea se poate datora unor organe proprii luminescente, precum și asocierii cu unele organisme simbiotice, în special bacterii. În apărarea de dușmani, prin selecție naturală, zooplanctonul s-a adaptat în așa fel încît vulnerabilitatea acestuia față de dușmani s-a redus la maximum, menținîndu-se totodată organizarea morfologică proprie unei vieți planctonice.

Organele de simț sînt în general bine dezvoltate la formele pluricelulare. Ochii, antenele, palpii contribuie la recepționarea excitanților din mediu. Unele forme au ochi „telescopici" pe care îi pot îndrepta în toate direcțiile. Se întîlnesc la unele animale chiar ochi „pedunculați". Antenele ramificate, de lungimi variabile, asigură suprafețe mari de contact cu mediul ambiant, avînd totodată rol în creșterea suprafeței portante.

Nutriția majorității organismelor zooplanctonice se realizează pe seama fitoplanctonului. Formele ce folosesc în hrană fitoplancton mărunt posedă organe de filtrare bine dezvoltate și cu aspecte morfologice variate. Unele forme sînt răpitori, avînd bine dezvoltate organele de prehensiune prevăzute cu mecanisme pentru imobilizarea prăzii.

Prolificitatea celor mai multe forme este mare (de exemplu, eufausiaceele). Oul este cel mai adesea mic și cu dezvoltare rapidă. Din ouă ies larve care formează adevărați „nori" în apele superficiale. Peștii planctonici depun multe icre, iar ecloziunea acestora se produce rapid. Unele expediții au evidențiat cîrduri enorme de organisme planctonice mature și de puiet. (Vasul de cercetări „National" (S.U.A.) a străbătut în Oceanul Indian un banc masiv de *Vellela*, pe o distanță de 260 km).

Distribuția geografică a zooplanctonului

Răspîndirea zooplanctonului este extrem de inegală, atît pe orizontală, cît și în adîncime. Variațiile se datorează atît evoluției sezoniere a factorilor de mediu, cît și unor fenomene cu repetare ritmică, constantă.

Aglomerările eterogene de plancton se datorează, în general, curenților în derivă care antrenează planctonul spre anumite zone. Hrana, de asemenea, poate atrage mase mari de zooplancton, ca și ariile optime pentru reproducere.

În adîncime, repartiția zooplanctonului prezintă atît un aspect static, cît și unul dinamic. Repartiția statică se realizează sub influența unor factori abiotici, între care mai importanți sînt presiunea și temperatura.

Presiunea acționează „selectînd" speciile în funcție de adaptarea lor la anumite presiuni. Speciile euribate sînt puține la număr, majoritatea fiind de tip stenobat. În epipelagial se întîlnesc numeroase specii de copepode, în mezopelagial mai ales moluște pteropode și heteropode, în batipelagial meduze ca *Periphyla* și *Atolla*, cît și unele chetognate. Abisopelagialul este populat cu radiolari *(Protocystis)*, pești și unii crustacei giganți *(Eucopia australis* și mai ales *Gnatophausia)*. Repartiția pe verticală evidențiază adaptări de natură morfologică și fiziologică corespunzătoare adîncimii. Astfel, radiolarii din pelagialul abisal sînt mai sferici,

Tabelul 26

Repartiția pe verticală a copepodelor în Oc. Indian

Adîncimea (m)	Număr de specii	Adîncimea (m)	Număr de specii
0	109	600— 650	16
100	9	850—1 000	24
200	9	1 500	24
300	7	2 000	2
400	11	2 500	1
500	14	2 926	1

au schelet masiv, pori mai mici și trabecule mai grosolane decît cei din epipelagial.

Temperatura scade de la suprafață spre adînc. În apele superficiale, mai calde, unde se delimitează o zonă superficială cu ape foarte calde și alta cu ape foarte reci, temperatura poate juca rol de separare a unor comunități de organisme pe verticală. În Oceanul Indian, copepodele se repartizează în două grupe ecologice în raport de temperatură: o grupare cuprinsă între 0—500 m și alta între 500—1 500 m. Este greu, totuși, de a preciza cu exactitate dacă această grupare pe specii la cele două nivele se datorează numai factorului termic care, de altfel, în pătura de ape de la 0—500 m variază destul de mult (tab. 26).

Reproducerea contribuie în largă măsură la răspîndirea neuniformă pe verticală a zooplanctonului. Apele superficiale sînt în general populate mai ales de formele planctonice tinere. Adulții se situează de cele mai multe ori în zone mai adînci; din acest punct de vedere, zooplanctonul cuprinde două grupări distincte, și anume: o grupare care se localizează în aceeași zonă, în toate stadiile de dezvoltare, și o altă grupare de organisme, mai ales batipelagice, ale căror stadii larvar și adult se află la nivele batimetrice diferite. De exemplu, ouăle după depunere se ridică la suprafață, aici eclozează și se dezvoltă larvele, iar în stadiul de adult se afundă în zone mai adînci, unde își continuă existența pînă la încheierea ciclului vital. Totodată, există și forme la care adultul trăiește în apele superficiale, iar larva coboară mai în adînc *(Spirula peroni)*.

Hrana, dacă este de natură vegetală, obligă organismele să se situeze pentru hrănire cel puțin în păturile superficiale ale apelor, unde planctonul vegetal este mai abundent. În regiunea arctică, pătura superficială este cea mai bogată în fitoplancton. De aceea, peste 80% din populația zooplanctonică trăiește între 0—10 m adîncime, 12% între 10—200 m și numai 8% la adîncimi mai mari. Această repartiție este caracteristică mai ales pentru organismele ierbivore și detritivore și, în mai mică măsură, pentru răpitoare.

Migrarea pe verticală a zooplanctonului

Repartiția dinamică a zooplanctonului pe verticală pune probleme atît în ceea ce privește studiul cantitativ, cît și cauzele care determină mișcarea ritmică pe verticală, diurnă sau sezonieră. Mișcarea pe ver-

ticală a zooplanctonului marin a fost semnalată încă din secolul trecut de către W. Brady. Participant la expediția vasului „Challenger", el semnalează faptul că ostracodele și copepodele sînt prezente în apele superficiale, mai ales noaptea.

Distanțele pe care zooplanctonul migrează, precum și viteza de migrare, nu sînt precizate nici în prezent. Unele copepode migrează pe distanțe între 0—80 m. În alte cazuri, migrarea se produce numai în zonele epipelagică și mezopelagică. În medie, distanțele parcurse de formele care fac migrații se situează între 200—600 m. S-au evidențiat organisme care ziua trăiesc la suprafață, iar noaptea se deplasează spre adînc, și o altă grupare de organisme, mult mai numeroasă, care ziua trăiește la adîncime, iar noaptea în zonele superficiale. Ambele grupări fac migrații nictimerale. Din categoria a doua fac parte numeroase genuri de copepode, cladocere, amfipode, miside și decapode (fig. 190).

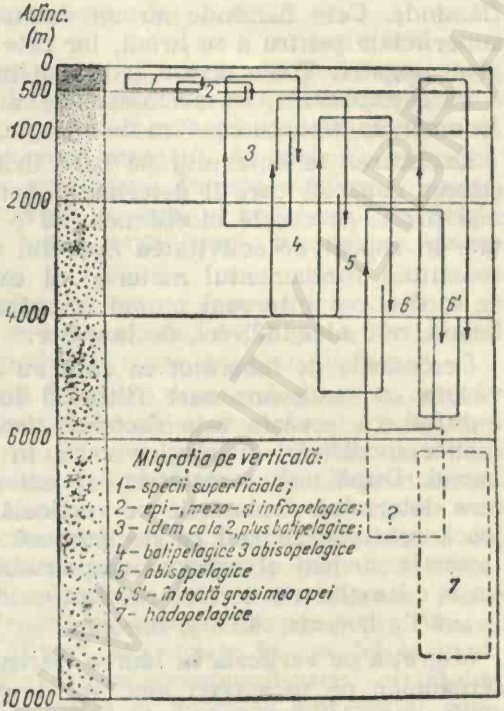


Fig. 190. Migrația pe verticală a organismelor marine (după Vinogradov)

Viteza de migrare este greu de stabilit, pentru faptul că nu se cunoaște modul de deplasare, în linie dreaptă sau în zig-zag. După J. Hure, viteza este cu atît mai mare cu cît distanța de parcurs este mai mare. Pe bază de calcule s-a stabilit că în medie viteza de migrare pentru copepode este cuprinsă între 29—125 m/oră, existînd mari variații în raport de specie și sex.

S-au emis numeroase ipoteze pentru explicarea cauzelor migrației pe verticală. După Weissmann (1877), există o legătură între intensitatea luminoasă și posibilitățile de percepere ale ochiului. Ochii animalelor planctonice sînt foarte sensibili la lumină. Din această cauză, acestea ziua fug spre adînc, iar noaptea ies la suprafață. Parcursul se face în raport de poziția astrului pe boltă. Ostwald (1902) leagă fenomenul migrației pe verticală de viscozitate, care ziua scade și provoacă afundarea organismelor, iar noaptea, crescînd, determină fenomene inverse. Eyden consideră că după hrănire corpul animalelor fiind mai greu se afundă, iar după digerare și eliminarea resturilor, devenind mai ușor, se ridică spre suprafață. Klarck explică fenomenul prin faptul că diversele forme nu au comportament identic atunci cînd sînt sătule sau

flămînde. Cele flămînde au un fototropism pozitiv și urcă în zonele superficiale pentru a se hrăni, iar cele sătule au, dimpotrivă, un fototropism negativ. Toate aceste teorii au mai mult un rol interpretativ, fără o bază experimentală serioasă. Ele nu explică de ce migrația este un fenomen acvatic, cu consum de energie.

Explicarea fenomenului pe baze fiziologice pare a da răspuns în precizarea cauzelor care îl determină. Astăzi, se consideră că metabolismul, mai precis procesele biochimice, au o desfășurare ritmică, au periodicitate în raport de activitatea Soarelui sau a Lunii. Deci *ritmul* înnăscut constituie fundamentul material al explicării acestui fenomen. Factorii de mediu pot interveni numai în măsura în care pot influența metabolismul, mai ales indirect, declanșator.

Cercetările de laborator în care au fost utilizate tuburi speciale, prevăzute cu manșoane care filtrează lumina, pledează pentru admiterea faptului că aceasta este factorul declanșator al migrațiilor. Lumina induce modificări fiziologice care, în ultimă instanță, determină fenomenul. După unii cercetători, ar exista o intensitate luminoasă optimă care determină deplasările pe verticală. V. Suskina susține că lumina joacă rolul de semnal ce declanșează acțiunea conjugată a mai multor factori endogeni și exogeni responsabili de producerea fenomenului. O serie de astfel de factori au fost evidențiați cu ocazia studiilor făcute în mările boreale, Albă și Barentz.

Migrația pe verticală în Marea Barentz și Marea Albă poartă amprenta sezoanelor ce se succed aici. În timpul zilei polare, speciile *Sagitta elegans* și *Calanus finmarchicus* nu se deplasează pe verticală, deci nu efectuează migrații diurne. În sudul Mării Albe, zooplanctonul efectuează deplasări pe verticală în raport cu ritmul mareei și pe amplitudinea de deplasare a moleculelor de apă cauzată de maree. În larg, unde mareea nu se resimte atît de puternic, fenomenul nu are loc. În perioada de toamnă polară, cînd au loc alternanțe de zi și noapte, zooplanctonul efectuează deplasări pe verticală, mai accentuate la crepuscul și noaptea, cînd organismele ies spre suprafață, unele pînă în pătura dintre 0—10 m, altele între 0—50 m. Ziua, unele specii coboară pînă la adîncimi de 200 m. Sînt și aici specii care nu efectuează migrații pe verticală *(Oithona similis* și *O. plumifera)*. Cercetările lui Bogorov și Filatova au demonstrat că lumina, dar mai ales hrana, și nu mareea, sînt factorii care declanșează migrațiile pe verticală.

S-au pus în evidență deplasări pe verticală care nu au un ciclu diurn, ci unul sezonier. În acest caz se pare că o serie de factori conjugați, cum ar fi lumina și temperatura, sînt determinanți ai fenomenului. În general, se consideră că în apele superficiale factorul declanșator al migrațiilor sezoniere este lumina, iar în apele profunde temperatura. Nu este exclusă nici intervenția factorului hrană. S-a constatat că unele forme, după o hrănire intensă și depunere masivă de grăsime, se afundă în zonele mai adînci unde „hibernează" un timp și numai după pierderea unei anumite cantități din depunerile de grăsime ies din nou la suprafață pentru hrănire. În mările subpolare și temperate, distribuția sezonieră este mai pronunțată decît în alte zone geografice.

Nutriția zooplanctonului

Raporturile de nutriție între fitoplancton și zooplancton sînt raporturi de la producător la consumator. Zooplanctonul este prima formațiune biologică în raporturi imediate de nutriție cu fitoplanctonul pe care îl consumă, transformînd materia organică vegetală în materie organică animală, în proteine de o calitate superioară. În apa mărilor, materia organică se găsește și sub formă solvată, precum și sub formă de detritus organic. În raport de sursa de hrană, organismele zooplanctonice se împart în mai multe grupe.

O grupare de organisme se hrănesc *pe seama rezervelor proprii*. Așa este cazul larvelor lecitotrofe, care se hrănesc pînă la 18 zile cu vitelusul propriu, fără a utiliza în această perioadă surse exogene de hrană.

Nutriția *prin osmoză* se realizează la unele forme, deși nu în exclusivitate. Datorită tegumentelor sau membranelor de schimb, care sînt permeabile pentru anumite substanțe organice solvate cu moleculă mică, se pot absorbi la nivelul epiteliilor de schimb mai ales unii biostimulatori din mediu, ca și fosfații.

Nutriția *prin filtrare* este caracteristică pentru un număr mare de organisme planctonice, ca: apendiculari, cladocere, copepode salpe etc. Propriu-zis, prin filtrare acestea își colectează doar hrana, digestia efectuîndu-se în organe specializate. Pentru procurarea hranei prin filtrare, organismele dispun de adevărate „filtre", organizate în așa fel încît să satisfacă cît mai bine procurării unei hrane corespunzătoare cerințelor lor fiziologice. La *Calanus*, aparatul bucal și antenele sînt astfel conformate încît antenele, prin bătaia lor ritmică, antrenează spre aparatul bucal particule solide împreună cu apa, din care animalul reține pentru hrană particulele organice (fig. 191). În conținutul stomacal al acestuia s-au găsit fragmente de diatomee, bacterii și, în special, nannoplancton. Puterea de filtrare a acestei specii este de 46 cm^3 apă pe zi. După R i l e y, fiecare miligram de zooplancton reține în medie prin filtrare fitoplanctonului conținut de 34—52 cm^3 apă în decurs de 24 de ore. După alți autori, cifrele sînt mai mari. Un interesant mod de reținere a hranei prin filtrare se întîlnește la *Oikopleura* (apendicular). Animalul se află învelit într-o masă gelatinoasă pe care o secretă destul de rapid anumite celule epidermale. La partea superioară a acesteia se află o sită prin care trece apa antrenată în curent continuu rezultat în urma bătăilor cozii animalului (fig. 192). Sita reține particulele grosiere și lasă să treacă numai substanțele organice solvate sau fragmentele foarte mici, precum și nannoplanctonul. Colmatarea filtrului, care de altfel se produce destul de rapid, determină

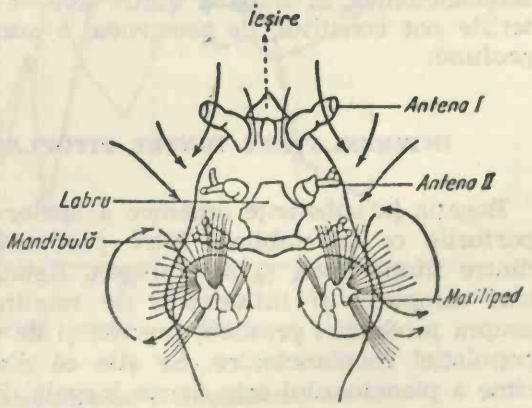


Fig. 191. Aparatul de filtrare la *Calanus*.

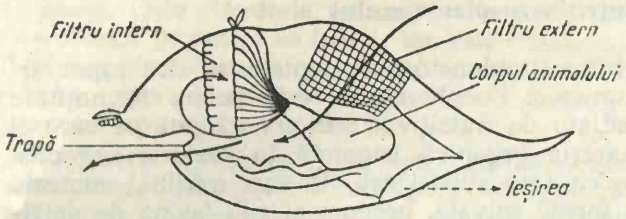


Fig. 192. Aparatul de filtrare la apendicularul *Oikopleura.*

eliminarea întregii căsuțe gelatinoase și secretarea alteia. Tot prin filtrare se hrănesc și euphausiaceele și balenele.

Procurarea hranei prin decantare este întîlnită atît la formele unicelulare, cît și la cele pluricelulare. Bătaia cililor, dispuși de cele mai multe ori peribucal, antrenează spre gură un șuvoi de apă împreună cu hrana conținută. Organismul reține particulele de hrană pe care le transformă în aparatul digestiv. Dintre protozoare, un astfel de mod de a-și procura hrana se întîlnește la ciliate. Unii viermi, rotifere, moluște, procedează în același mod.

Procurarea hranei prin prehensiune este comună la multe forme planctonice care sînt răpitoare. Larvele și chiar formele permanent planctonice își procură hrana prin atacarea altor organisme animale și, uneori, prin imobilizarea prăzii cu ajutorul unor substanțe secretate de celule specializate (larvele de *Squillidae).* Zooplanctonul profund, mai mare ca talie, cu cît ocupă etaje mai adînci, se hrănește mai ales prin acest mod. Desigur, pentru formele mai de profunzime, resturile organice care cad de la suprafață constituie, de asemenea, o sursă de hrană. Se consideră de obicei că etajul imediat superior furnizează hrană pentru organismele situate în etajul de sub el. De aici și migrația de obicei de la un etaj la altul, și numai foarte rar depășind două sau trei etaje. După V i n o g r a d o v, sursa principală de hrană pentru planctonul profund o constituie zooplanctonul ce efectuează migrații pe verticală. De altfel, teoretic, s-a dedus că detritusul nu este suficient pentru nutriția formelor din adîncuri, știindu-se că producția totală în pătura de apă dintre 0—200 m în Pacific este de 67 g/m², iar populația zooplanctonică în coloana dintre 200—6 000 m este de 148 g/m². Bacteriile pot constitui, de asemenea, o sursă de hrană pentru planctonul profund.

INTERRELAȚIILE DINTRE FITOPLANCTON ȘI ZOOPLANCTON

Bogăția în substanțe organice a apelor marine este dependentă de raporturile ce se stabilesc între producători și consumatori, în special dintre fitoplancton și zooplancton. Relațiile dintre aceste două grupări sînt complexe și influențate de totalitatea factorilor care acționează asupra producției primare, precum și de cei care controlează dezvoltarea populației zooplanctonice. Se știe că distribuția geografică și în adîncime a planctonului este foarte inegală. Zona epipelagialului este bogată în fitoplancton, iar cele situate sub aceasta sînt populate, aproape în

exclusivitate, de zooplancton; cu alte cuvinte cele două populații ajung în contact, dar nu se amestecă decît în zona eufotică. Fenomenologia interrelațiilor dintre fitoplancton și zooplancton este foarte diversă. Vom rezuma doar cele mai importante aspecte care contribuie la elucidarea problemelor legate de relațiile dintre componentele principale ale acestor vaste asociații de organisme.

Filoplanctonul are, în general, un ciclu vital scurt. Generațiile se succed rapid, datorită înmulțirii mai ales prin diviziune directă. Dacă condițiile de mediu permit, înmulțirea este așa de rapidă încît duce la „înfloriri" fitoplanctonice. Spre deosebire de fitoplancton, și în raport cu acesta, multe zooplanctonuri au un ciclu biologic lung. Cele mai multe forme depun ouă care au nevoie de un anumit timp pentru a se dezvolta. După ecloziune, dezvoltarea se face în stadii. Meroplanctonul are, sub acest raport, un comportament și mai diferit decît euplanctonul.

Studiul interrelațiilor dinamice dintre populația planctonică vegetală și animală evidențiază două tipuri de relații între acestea, și anume: directe și indirecte.

Relațiile directe sînt caracteristice pentru zonele maritime bogate sau sărace în plancton. În acest caz, maximul și minimul de dezvoltare a celor două populații coincid (fig. 193).

Relațiile indirecte (sau inverse) presupun o necoincidență a dezvoltării celor două populații. În acest caz, maximului fitoplanctonic îi corespunde un minimum zooplanctonic, cel puțin temporar. Maximul zooplanctonic survine după începerea declinului fitoplanctonului, consumat activ.

Relațiile de interdependență dintre zoo- și fitoplancton au un pronunțat caracter sezonier și zonal, adică raporturile sînt diferite în regiunea neritică și oceanică, precum și la latitudini diverse. Dezvol-

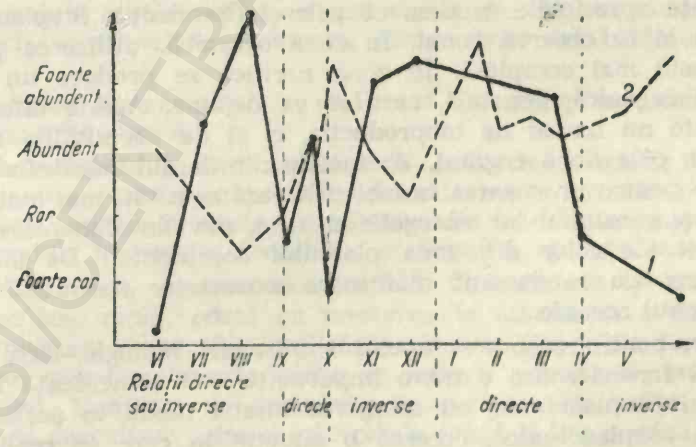


Fig. 193. Relațiile dintre fitoplanctonul și zooplanctonul marin:
1 — fitoplancton; 2 — zooplancton.

tarea lor paralelă se întîlnește mai ales în zona oceanică, mai ales în arii bogate în substanțe nutritive (Marea Sargasselor). În acest caz, curbele ce reprezintă dezvoltarea zooplanctonului și a fitoplanctonului au un mers paralel, ceea ce denotă un mare randament în utilizarea și reproducerea materialul organic de către zooplancton.

Explicarea relațiilor inverse este de domeniul ipotezelor. În acest sens, s-au emis trei păreri pentru explicarea fenomenului. Una dintre acestea pune la bază *consumul fitoplanctonului de către zooplancton* („pășunatul"). Se consideră, pe această bază, că o dezvoltare pe perioade mai lungi de timp a celor două populații este exclusă. După o altă părere, cauza relațiilor inverse este creșterea diferențiată sau, mai bine zis, *necoincidența în timp a maximelor de dezvoltare*. Asemenea situații au fost evidențiate de către H e i n r i c h în mările subboreale. Copepodele au în aceste mări un ciclu de evoluție de așa tip încît numai stadiile foarte precoce coincid cu maximul fitoplanctonic. A treia ipoteză consideră că în cazul unor „înfloriri" fitoplanctonice, unele specii pot elimina substanțe toxice în mediu sau pot înfunda „filtrele", ceea ce face ca *populația zooplanctonică să nu se aglomereze în aceleași arii cu fitoplanctonul respectiv*. Din acest punct de vedere, populația zooplanctonică se împarte în trei mari grupe, și anume: *a)* animale care evită zonele bogate în fitoplancton; *b)* organisme „indiferente"; *c)* organisme care preferă zonele de aglomerare fitoplanctonică.

Acestea din urmă sînt mai ales pești pelagici planctonofagi (hamsia), apoi formele larvare care se hrănesc intens cu fitoplancton. Animalele din euzooplancton în majoritate evită zonele bogate în fitoplancton (în cazul cîmpurilor de „înflorire" a algelor monocelulare toxice — *Glenodinium* — sau țepoase — *Rhizosolenia*). Concepția (mai nouă) este dinamică, în sensul că ține seama de deplasarea continuă a echilibrului dintre plantele unicelulare, zooplancton și animalele carnivore de diferite ordine, în cadrul lanțului trofic general.

Diferențe apreciabile în ceea ce privește producția fitoplanctonică și utilizarea ei se observă zonal. În zona oceanică, utilizarea produsului vegetal este mai completă. În zona neritică se produce un exces de substanță organică, vegetală, care se va depune. Aceste diferențe sînt dependente nu numai de bioproducție, ci și de necesitățile metabolice diferite în cele două regiuni. Animalele din largul mării fac un efort mai mare pentru procurarea hranei (filtrează cantități mai mari de apă), de aceea și consumul lor energetic și, deci, nevoile alimentare sînt mai mari decît ale celor din zona platoului continental. De aici rezultă și utilizarea cu randament mai mare a surselor de hrană de către zooplanctonul oceanic.

Desigur, pentru economia apelor sub raport biologic, ciclul de dezvoltare al formelor are o mare importanță. O coincidență în timp a maximului fitoplanctonic, cu atingerea vîrstei medii în același timp a populației zooplanctonice, creează o situație în care se realizează cea mai bună utilizare a surselor biologice, deci, putem spune, se obține un randament maxim.

Explozia de populații. În intervale cu totul neregulate, suprafața mării se poate acoperi cu cantități imense de organisme, care schimbă coloritul obișnuit al acesteia, ceea ce a dat naștere la interpretări fanteziste din partea celor care nu cunosc explicația științifică a acestui fenomen.

Încă din antichitate au fost descrise „mările de sînge". Mai tîrziu, la începuturile cuceririi Americii de Sud de către spanioli, unul din membrii expedițiilor organizate a descris un fenomen curios, care apare ocazional în Golful Mexic. Fenomenul, după descrierea făcută, este însoțit de moartea în masă a peștilor. Prin tradiție, membrilor triburilor indiene localizate în jurul Golfului Mexic li se interzicea utilizarea scoicilor sau peștilor pentru consum, atunci cînd marea avea culoarea roșiatică. Se amintește, de asemenea, cum un trib a pierit în totalitate după consumarea peștilor morți de pe urma fenomenului.

În literatura de specialitate, fenomenul poartă denumirea de „flux roșu" sau „marea roșie", după culoarea cea mai frecvent întîlnită, consecutiv apariției fenomenului. Explicarea fenomenului a fost încercată încă în secolul trecut, dar fără să satisfacă opinia cercetătorilor. Fluxul roșu se manifestă pe arii relativ restrînse și apare mai frecvent în golfuri, fiorduri, băi marine și estuare, deci în ape puțin adînci și apropiate de continent. În zona de manifestare, marea își pierde culoarea obișnuită, luînd nuanțe de la gri-ciocolatiu pînă la ruginiu, roșu-sîngeriu și violaceu, culoarea fiind în funcție de pigmentația organismelor care determină fenomenul. Ca durată, fenomenul se manifestă de la 48 ore la cîteva săptămîni, în raport de starea meteorologică și de mișcarea apelor. Apele calme favorizează dezvoltarea fenomenului. Aspectul suprafeței este de pete, sau — după vînt și curenți — de benzi colorate alternînd cu benzi de culoare obișnuită.

Organismele vii sînt cauza apariției acestor fenomene. Majoritatea aparțin unicelularelor, mai ales dinoflagelatelor. Speciile aparținînd genului *Gonyaulax (G. catenela, G. brevis, G. sanguineum), Glenodinium, Peridinium*, precum și o serie de bacterii *(Athiorhodaceae)*, alge albastre *(Trichodesmium erythreum)*, crustacei și tunicieri *(Pyrosoma atlanticum)* planctonici constituie, de asemenea, componente des întîlnite în apele poluate.

Desfășurarea fenomenului se realizează pe etape sau stadii, fiecare avînd o anumită durată.

Apariția este bruscă, dînd aspectul de „înflorire" a apelor și se crede că fenomenul se datorează existenței unui mare număr de germeni latenți, localizați fie în apele superficiale, fie în cele intermediare care, găsind condiții favorabile deosebite, se dezvoltă aproape instantaneu.

Dezvoltarea este, de asemenea, rapidă. Organismele își măresc talia și se înmulțesc rapid, odată cu creșterea la maximum a densității în indivizi, precum și datorită localizării acestora. Condițiile fizico-chimice și meteorologice favorizează, în caz de acalmie accentuată, intensificarea fenomenului. Numărul de organisme la unitatea de volum atinge în perioada de dezvoltare cifre considerabile (după A l l e n, pînă la 5 milioane indivizi la litru, iar după alți autori pînă la 50 milioane la litru). În raport de numărul de indivizi este și culoarea apei. În cazul cînd numă-

rul indivizilor variază între 500 000—1 000 000 la litru culoarea apei este brună, iar dacă depășește 3 milioane culoarea este roșie, în diferite nuanțe. În această etapă, ca urmare a numărului mare de indivizi care excretă în mediu diverse substanțe, acesta devine toxic; „intoxicarea" este de asemenea diferită ca grad, după densitatea organismelor și tipul de substanțe eliminate. Mai ales dinoflagelatele elimină produși toxici numeroși; produși toxici rezultă și din descompunerea materiei organice prezentă în mari cantități în zonele infestate. Temperatura crescută favorizează fenomenul de apariție a produșilor toxici rezultați din descompunerea substanțelor organice. Mirosul sufocant putrid se răspîndește pe zone largi în jurul sectorului afectat.

Dispersarea este ultima fază a fenomenului. Aceasta survine de cele mai multe ori ca urmare a schimbărilor meteorologice, care provoacă amplificarea mișcărilor apei și dispersarea organismelor. Una din cauze este chiar fenomenul în sine care, prin producerea de toxine și produși de degradare, se autolimitează.

S-a încercat să se dea diverse explicații, mai ales cu privire la condițiile care fac ca organismele să se înmulțească local atît de rapid. Factorii chimici, abundența în substanțe nutritive care favorizează dezvoltarea explozivă a populației, precum și factorii meteorologici și fizici par a acționa conjugat cu cei biologici, creîndu-se astfel o situație care face posibilă apariția și dezvoltarea fenomenului. Lipsa de cele mai multe ori a unor organisme, care prin consum să limiteze fenomenul, este una dintre cele mai importante cauze a proliferării mari.

Consecințele fenomenului sînt locale. Condițiile create de toxinele vărsate în mediu obligă organismele cu cerințe crescute față de oxigen să se refugieze din zona infestată; mai ales ichtiofauna este afectată, și, prin aceasta, pescuitul. Unii pești mor din cauza otrăvirii și a lipsei de oxigen. Zonele subiacente sînt, de asemenea, private de oxigen, datorită utilizării acestuia pentru oxidarea compușilor organici produși în aria superficială și care cad spre adînc.

Și omul are de suferit de pe urma acestui fenomen. În zona de coastă se răspîndesc pe suprafețe mari un tip de aerosoli — substanțe toxice iritante — care provoacă bronșite și alte afecțiuni pulmonare (filtrele de vată rețin astfel de aerosoli). Persoanele care intră în zona afectată amețesc și riscă să se asfixieze. Peștii contaminați nu pot fi consumați, iar în caz de neglijență, după consum, produc accidente mortale.

Fosforescența. Deși este produsă și de către alte organisme decît cele planctonice, fosforescența apelor de suprafață este cauzată mai ales de către zooplanctonul și bacteriile care trăiesc în apele superficiale. Fenomenul în ansamblu a fost descris de către Tachand (1686), care îl considera ca fiind pur fizic, datorat absorbției radiației luminoase de către apă în timpul zilei și retrimiterii unei părți din energia absorbită din nou spre atmosferă, noaptea. Fricțiunea dintre moleculele de apă și sărurile minerale solvate a fost considerată drept cauză de către B. Franklin. Italienii Vianelli și Grixellini atribuie pentru prima dată acest fenomen organismelor vii.

Fosforescența mărilor, prezentă în cele sudice ca un fenomen spectaculos, descris de numeroși navigatori, este un proces biochimic care se poate petrece atît în interiorul cît și în afara organismelor vii. Studiile

făcute recent de către doi cercetători americani, Backus și Yentsch, în zona californiană a Oc. Pacific, au adus precizări cu privire la fenomenul de fosforescență. Organismele care îl produc aparțin bacteriilor fotogene saprofite și simbionte. Dintre formele zooplanctonice produc lumină peridineele *(Peridinium* și *Ceratium),* dar mai ales cistoflagelatele, *Noctiluca* (specia *Noctiluca miliaris* se găsește și în M. Neagră), apoi *Pleurobranchia* dintre ctenofori, numeroși pești, meduze, crustacei și cefalopode. La tropice, fenomenul se datorează genurilor *Pyrocystis, Pyrosoma, Salpa* și unor numeroase genuri de moluște cefalopode. În Oceanul Indian, bacteriile fosforescente produc la suprafață o luminozitate care, privitorului, îi dă impresia că o flacără uniformă, nesclipitoare a cuprins întregul orizont. În abisuri, fenomenul este de asemenea prezent, dar mai izolat. Cele peste 112 specii de pești abisali fosforescenți se adună rar în cîrduri, la fel ca și nenumăratele nevertebrate abisale.

Lumina este emisă de organe specializate, numite *fotofori,* așezate în diferite regiuni ale corpului (la pești, cefalopode etc.) sau de către citoplasmă, în cazul organismelor unicelulare. Fotoforii au adesea structuri complicate, care se aseamănă uneori cu organele văzului. Organele au inervație proprie și adesea legătură cu aparatul glandular.

Backus și colaboratorii au observat un ritm nictimeral al luminiscenței cu un maximum în jurul orei 0 și un minimum la ora 12. Raportul de luminozitate între ora corespunzătoare maximului și minimului este de 1/1 000. El consideră că fenomenul este ritmic și se datorează unei inactivări a organismelor fotoproducătoare de către lumina solară.

Emisiunea de lumină comportă procese de oxido-reducere, desfășurate în etape. O substanță proteică, *luciferina,* în prezența oxigenului atomic și a unei enzime dă naștere la *oxiluciferină* și la o moleculă de apă, conform relației:

$$\underset{\text{luciferină}}{LH_2} + O_2 \rightarrow \underset{\substack{\text{oxiluci-}\\\text{ferină}}}{OL} + H_2O$$

În etapa următoare, oxiluciferina, sub acțiunea unei diastaze specifice — *luciferaza* — cedează energie luciferazei, luciferina revenind la forma redusă, cu eliberare de lumină:

$$OL \xrightarrow{\text{luciferază}} LH_2 + \text{lumină}_2$$

Lumina este emisă continuu sau discontinuu. Bacteriile emit lumină continuu, iar animalele numai cînd sînt excitate. Acele animale care emit lumină datorită simbiozei cu bacteriile, o emit continuu. *Noctiluca miliaris* devine fosforescentă numai prin frecare, în contact cu carena vasului, corpul delfinilor sau la acțiunea valurilor. S-au descris nuanțe de albăstrui, verzui (la *Euphausiaceae*), alb, roz, portocaliu, roșu-rubiniu, ultra-marin. Coralii, datorită simbionților, emit lumină în diverse nuanțe. Unele cefalopode cu glande specializate produc luciferină și luciferază, iar atunci cînd sînt atacate emit în mediu un adevărat nor luminos, derutînd pe atacant.

Scopul emiterii de lumină nu a fost pe deplin lămurit. Se pare că joacă un rol în fenomenele de apărare, ca și de atracție a sexelor sau recunoaștere a specilor între ele.

Sub denumirea de *necton marin* sînt cuprinse acele categorii de animale marine care trăiesc în pelagial și care, posedînd organe de înot bine dezvoltate, se pot deplasa pe zone întinse și se pot opune prin înot activ chiar și curenților. Peștii sînt cele mai caracteristice animale nectonice. Cu excepția formelor ce fac parte din bentos — dar și acestea pot avea stadii tinere care intră pe perioada de pui în categoria planctonului — multe ordine și specii de pești și rechini formează nectonul mărilor și al oceanelor. Tot din necton fac parte și moluștele cefalopode, broaștele țestoase marine în stadiul de adult, unii ofidieni și cîteva grupe de mamifere adaptate secundar la viața acvatică (delfini, balene).

Repartiția zonală a nectonului marin

Deși o delimitare precisă pe zona nectonului nu se poate face, datorită mobilității sale, totuși se pot distinge organisme nectonice care trăiesc în apele superficiale și organisme nectonice din apele profunde (abisopelagial).

Epipelagialul zonei neritice este cel mai populat sector marin cu forme nectonice, în special cu pești. În regiunea dintre tropice, pelagialul neritic este populat cu rechini de talie mare și cu pești diferiți din grupul scombriformelor: tonul, scrumbia albastră, clupeidele etc., toți cu importanță economică. Recifii de corali cuprind adesea pești viu colorați și cu morfologie diversă, aparținînd familiilor: *Tetraodontidae, Lutianiidae, Labridae* etc. Unele specii din recifi sînt cățărătoare, cum este *Anabas scandens*. În recifii de corali se găsesc peste 250 specii de pești, mulți dotați cu dinți puternici cu ajutorul cărora rup ramificațiile coralilor cu care se hrănesc. În apele litorale ale Australiei se întîlnesc rechini uriași, iar în cele ale Americii selacianul gigant *Manta birostris*, asemănător în ceea ce privește conformația cu pisica de mare din apele noastre marine (formă bentonică).

Neriticul zonei temperate, subboreale și subaustrale este populat cu forme de pești foarte diverse și mai ales valoroase din punct de vedere economic, cum sînt: heringul *(Clupea harengus)*, scrumbia albastră, sardelele *(Sardinia)*, hamsiile *(Engraulis)*, somonul *(Salmo salar)*, anghila, lufarul, stavridul etc.

Apele arctice și antarctice nu sînt atît de bogate în pești ca cele dintre tropice. Dar atît la Polul Nord cît și în apele peri-Antarctice se întîlnesc specii comune din familiile *Zoarcideae, Agonidae* și *Liparidae*. Aceasta presupune existența unei legături prin care se face schimb faunistic între cele două zone atît de distanțate între ele.

Epipelagialul oceanic (larg) cuprinde peștii cei mai bine adaptați la viața pelagică. Aceștia au corpul fusiform și organe de înot bine dezvoltate. În aceste ape trăiesc specii de rechini: *Laemergus borealis*, din apele Groenlandei, *Carcharias, Carcharodon* și *Cetorhinus maximus*, din apele tropicale de larg etc. *(Planșa XXII)*. Numeroși pești osoși se

dezvoltă în pelagialul de larg (de exemplu, *Coryphaena*). Aici trăiesc și formează cîrduri adesea imense, care apoi se îndreaptă spre apele neritice (sardelele, scrumbia albastră, pălămida, stavridul, heringii etc.).

Domeniul profund al pelagialului este populat cu pești foarte ciudați din punct de vedere morfologic (*Planșa XXIII*). Așa, de exemplu, peștii care trăiesc în pătura dintre 300—500 m au culoarea argintie, cei dintre 500—1 000 m adîncime au culoarea mai ales roșie, iar cei care au habitatul sub 1000 m au culori în general închise (negru, albastru, violet) (*Planșa XXIV*). Majoritatea formelor batipelagiale provin din cele epipelagiale și numai foarte puține specii din cele bentonice.

În etajul hadal sau utraabisal al pelagialului marin trăiesc forme de pești cu conformații bizare, datorită neosificării cartilajelor, astfel că au capul mare, gura disproporționat de largă și prevăzută cu dinți. Ochii sînt uneori telescopici, iar alteori lipsesc. Organele de simț sînt dezvoltate inegal, simțurile tactil și chimic fiind mai dezvoltate. O caracteristică comună pentru mulți pești și multe nevertebrate din abisurile oceanelor și mărilor este prezența organelor luminoase, dispuse pe laturile corpului, adesea foarte neregulat (*Myctopidae*, dintre pești; *Euphausidae*, dintre crustaceii superiori etc.).

Migrațiile nectonului marin

Nectonul marin, dat fiind mobilitatea mare pe care o are, nu rămîne staționar sau supus doar mișcării apei marine. Majoritatea peștilor însă, pe lîngă deplasarea activă în mediul înconjurător, fac migrații în cursul cărora străbat adesea mii de kilometri, parcurgînd chiar medii hidrice cu constituție chimică foarte diferită. Deplasări fac toate organismele nectonice. De exemplu, delfinii și balenele parcurg distanțe foarte mari, mai ales pentru hrănire. Migrațiile peștilor sînt însă un fenomen mult mai complicat decît aceste deplasări. Sub raport fiziologic, migrația este declanșată de o serie de schimbări în funcția unor organe și sisteme.

Mulți pești marini duc o viață de „cîrd", adică o viață *gregară*. De obicei, migrația are loc în cîrduri (bancuri). Acestea, în unele cazuri, se constituie numai în preajma perioadei de începere a migrației și se dezintegrează după terminarea acesteia.

Migrațiile sînt fie *active*, cînd animalul în deplasarea sa spre o anumită zonă sau habitat învinge rezistența apei, deci înoată activ și chiar depășește anumite obstacole din calea lui (somonul), fie *pasive*, cînd indivizii sînt antrenați de curentul de apă. În ceea ce privește sensul de mișcare, migrațiile pot urmări un plan paralel cu suprafața apei și se numesc migrații *orizontale*. Migrațiile care se fac de la suprafață spre adîncul bazinului și invers sînt *verticale*. Atunci cînd peștii în deplasarea lor înoată contra curentului de apă, migrația este de tip *anadrom*. iar cînd migrația urmează sensul de curgere a curentului sau a apei este de tip *catadrom*.

Migrația este un caracter înnăscut și ori de ce tip ar fi se face pentru asigurarea unor funcții esențiale din viața peștilor, nutriția sau reproducerea. Asigurarea condițiilor optime pentru menținerea individului

în viață și perpetuarea speciei stau la baza acestui fenomen. In timpul și înaintea migrației, în corpul animalelor au loc fenomene complexe de natură fiziologică, implicînd uneori întregul sistem glandular și chiar nervos.

Cele mai importante migrații le efectuează somonii, pești din familia *Salmonidae*. Somonii migrează pentru reproducere din oceane în rîuri și din acestea în oceane, pentru nutriție și dezvoltare. Anghilele efectuează o migrație de tip invers, adică din rîuri în ocean pentru reproducere și de aici în rîuri pentru nutriție și dezvoltare.

Studiul migrației cîrdurilor de pești prezintă un deosebit interes practic și teoretic. Pe baza cunoașterii mecanismelor care stau la baza fenomenului, ca și a drumului parcurs de cîrduri, a perioadelor în care începe și se termină migrația, se organizează pescuitul și protecția acestor valoroși pești marini.

Migrația se studiază pe baza marcajelor. Acestea constau din aplicarea unui anumit semn pe un organ rezistent, cum ar fi înotătoarea și operculul, sau chiar pe corpul animalului. În acest scop, se prind cu multă grijă un număr cît mai mare de indivizi care sînt marcați imediat și se lansează din nou în cîrd. Operația este delicată și cere multă îndemînare. Marcajul se poate efectua și cu ajutorul unor inele de cauciuc aplicate pe trunchiul peștelui (de exemplu, la sturioni), dar s-a constatat că acestea stînjenesc creșterea. Astăzi se utilizează cu tot mai mult succes marcajul radioactiv. Acesta constă în aplicarea unei minuscule capsule ce conține un izotop radioactiv cu emisie gamma și perioadă lungă de înjumătățire (^{60}Co,) într-o regiune a corpului mai puțin vulnerabilă. Detectarea în acest caz se poate efectua de la distanță, în raport de penetrabilitatea radiației ionizante. Metoda prezintă și anumite inconveniente, datorită nocivității radiațiilor. Mai ales pentru urmărirea și detectarea cîrdurilor (bancurilor) de pești se utilizează astăzi cu succes aviația prevăzută cu instalații radar și acustice. Aceste instalații se găsesc și la bordul unor nave de pescuit.

Somonii migrează pentru reproducere din apele Oceanului Atlantic în rîurile și fluviile Europei apusene și ale Americii de Nord, limitrofe oceanului. Somonii din Oc. Pacific migrează în apele interioare ale Asiei răsăritene și ale părții apusene a Americii de Nord. În Oceanul Atlantic trăiește principala specie de somon, *Salmo salar* L., iar în Oceanul Pacific genul *Onchorhynchus* (fig. 194), cu mai multe specii. De altfel, cele două genuri cuprind și numeroase varietăți distincte.

Somonii migrează pentru reproducere din oceane în rîuri, în anumite anotimpuri, în raport de vîrstă și de locul unde are loc reproducerea. La vîrsta adultă, somonii se adună la țărmurile oceanelor, în imediata apropiere a talvegului cursurilor de apă ce se varsă în acestea. Ei vin din zonele îndepărtate ale oceanelor, străbătînd în unele cazuri mai mult de 1 000 km pînă să ajungă în zona litorală. Înaintarea spre țărm (fig. 195) și apoi în susul apelor interioare are loc numai după maturizarea sexuală, care se atinge la vîrste diferite (2—4 ani). Somonul din Atlantic migrează mai frecvent toamna și iarna. De altfel, exemplarele mai în vîrstă folosesc pentru migrație intervalul cuprins între lunile septembrie-decembrie, iar cele mai tinere perioada aprilie-iunie. Maturarea produselor sexuale are loc cel mai frecvent în timpul urcării spre

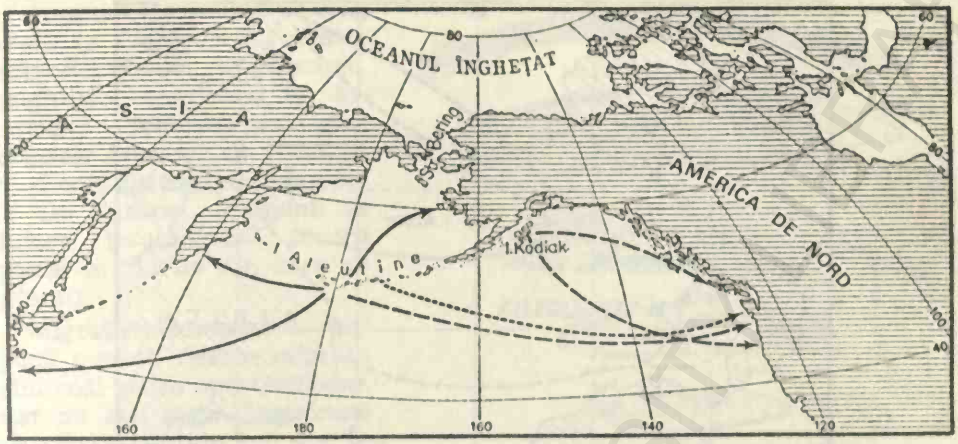


Fig. 194. Migrațiile celor 3 specii de somon *(Onchorhynchus)* în Pacific.: —— argintiu; — — — regal; . . , . . . de oțel (după N a t u r e).

locurile de reproducere, cînd somonii încetează să se mai hrănească. Ajunși în aceste locuri, care se situează în apele limpezi și bine oxigenate ale rîurilor cu albia nisipoasă sau cu prundiș și cu curgere relativ rapidă, somonii depun icrele. Reproducerea are loc toamna. Momentul depunerii pontei variază în raport de temperatura medie a locului. Odată cu depunerea pontei, somonii scad mult în greutate, iar unele exemplare mor. Incubația durează pînă în aprilie, cînd apar primele „larve". După resorbția sacului vitelin, puii se adună în cîrduri mari, care plutesc pe apa rîurilor odată cu sloiurile de gheață. În locurile mai adăpostite se hrănesc, cresc rapid în greutate și continuă drumul spre mare, la care ajung prin luna iunie. Puii rămîn în apele salmastre ale estuarelor pînă în anul următor, cînd părăsesc estuarele și se îndreaptă spre largul oceanelor. În apele marine se hrănesc și se dezvoltă, iar cînd ating maturitatea sexuală (la 4—6 ani) reîncep lunga lor „călătorie de nuntă".

Anghilele migrează pentru reproducere din apele interioare în oceane. Mult timp migrația acestui pește a rămas o enigmă. Meritul principal în clarificarea acestui fenomen revine lui J o h a n n e s S c h m i d t, cercetător pasionat, care a consacrat mai mulți ani acestei probleme. Studiile sale s-au concentrat asupra anghilei europene sau argintii.

Fig. 195. Zonele de migrație ale somonului european în Oc. Atlantic și Mediterana de vest *(Salmo salar)*.

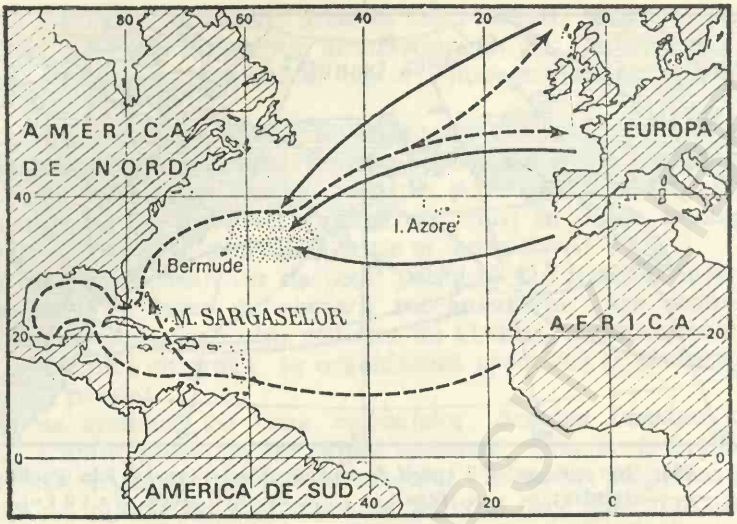


Fig. 196. Migrația anghilei în Oc. Atlantic (regiunea Ins. Bermude).

În apele de pe glob se cunosc mai multe specii de anghile. În Europa se întîlnește *Anguilla anguilla* (anghila argintie); în partea răsăriteană a Americii de Nord trăiește *Anguilla rostrata* (anghila americană). Ambele specii au locul de reproducere în zona centrală a Oceanului Atlantic. În Pacific se întîlnesc trei specii de anghile, și anume: *Anguilla japonica, A. aucklandi* și *A. australis*. În Oceanul Indian trăiesc, de asemenea, alte cîteva specii de anghile.

Anghilele femele adulte, cînd ating 5—6 kg în greutate, coboară din rîurile Europei spre mare unde se întîlnesc cu masculii. Ele staționează un anumit timp în apele salmastre ale estuarelor, după care se avîntă spre largul Oceanului Atlantic și se îndreaptă spre Marea Sargasselor, unde depun icrele la adîncime de circa 1 000 m (fig. 196). Femelele depun cîteva milioane de icre de dimensiuni mici din care, după fecundarea cu spermatozoizii din laptii masculilor, vor ieși „larvele" de anghile, numite *leptocefali,* avînd la început între 0,5—1,5 cm. După pontă, anghilele mature pier. Leptocefalii încep călătoria în sensul invers în care au călătorit anghilele mature, și anume spre coastele Europei de apus, respectiv ale Americii de Nord. În timpul deplasării spre aceste zone, leptocefalii suferă un complicat proces de metamorfoză. Odată cu aceasta se schimbă și comportamentul larvelor față de lumină, ca și rezistența la variațiile fizico-chimice ale mediului. În mod asemănător se comportă și anghilele din alte zone geografice, numai că poartă amprenta factorilor zonali în ceea ce privește ciclul lor vital. Larvele de anghile, ajunse primăvara în estuarele fluviilor Europei, se transformă în *civele,* apoi în pui, care urcă în susul apelor (dacă este vorba de viitoare femele) și se hrănesc și cresc în greutate (fig. 197). În decursul mai multor ani exemplarele femele se dezvoltă și se maturizează, după care încep migrația pe căile străbătute de generațiile precedente. Masculii rămîn toată viața lor în mări.

Anumite curiozități se constată în efectuarea acestor migrații. Așa, de exemplu, anghilele americane se îndreaptă întotdeauna spre coastele Americii de Nord, pe cînd anghila argintie spre cele ale Europei. (Somonii se întorc întotdeauna pentru pontă în rîurile din care au plecat).

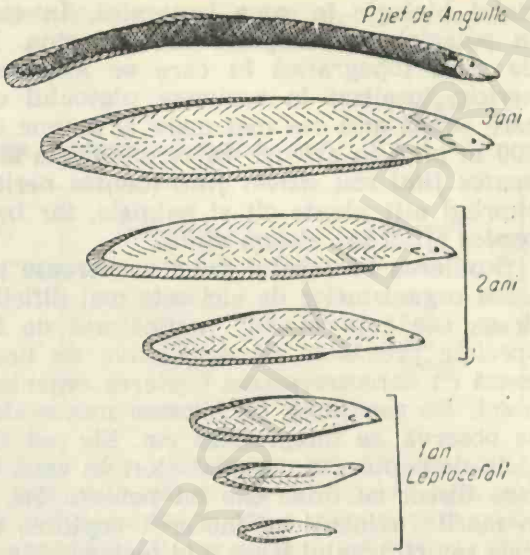


Fig. 197. Metamorfoza leptocefalului.

Migrații efectuează și alți pești marini. Aceste migrații sînt mai puțin spectaculoase, dar nu mai puțin însemnate ca cele prezentate mai sus. În partea nordică a Oceanului Atlantic face migrații de hrănire heringul *(Clupea harengus)*. Acest pește valoros sub raport economic migrează în cîrduri mari, care se formează la maturitatea sexuală, cînd indivizi grupați în număr mic se adună și se îndreaptă spre coastele Norvegiei, unde depun ponta în apele zonei neritice. După reproducere, heringii pornesc în grupuri mici spre locurile de hrănire. Aria de răspîndire a heringului este Oc. Atlantic de Nord, Marea Nordului și Marea Baltică.

Sardeaua *(Sardinia pilchardus)* este un clupeid marin care se pescuiește și la noi, în Marea Neagră, în cantități mici. Cîrdurile de sardele se aglomerează mult la locurile de hrănire. Sardeaua face migrații atît pentru hrănire cît și pentru reproducere și iernare.

Dintre peștii cu valoare economică fac migrații în interiorul bazinelor marine: șprotul *(Strattus sprattus phalericus)*, codul *(Gadus morhua)*, pălămida *(Sarda sarda)*, stavridul *(Trachurus mediterraneus)* etc.

Cauzele formării cîrdurilor, ca și ale migrației, sînt numai parțial cunoscute. Instinctul de migrare, ca și de formare a cîrdurilor, au la bază procese fiziologice, în esență de natura relației organism-mediu. Procesele care survin în anumite etape de dezvoltare (la maturitatea sexuală) au rol în declanșarea fenomenelor analizate mai sus. Variația ciclului funcțional al glandelor cu secreție internă pare să stea la baza comportamentului organismului față de factorii de mediu. Se consideră că activitatea glandulară creează o stare de neliniște, o sensibilitate crescută, un fond de reactivitate deosebită față de acțiunea factorilor de mediu.

BENTOSUL MARIN

Prin organisme bentonice se înțeleg acele plante și animale a căror viață se petrece strîns legată de suportul solid, rocă sau sediment, deci al zonei de fund. Unele forme, mai ales animale, nu trăiesc întreg

ciclul biologic în zona bentonică. În stadiile mai tinere trăiesc liber în pelagial, făcînd parte din plancton. Populația bentonică, în raport de zona topografică în care se localizează, se diferențiază în *bentos neritic*, localizat în regiunea platoului continental, și *bentos profund*, care ocupă aria cea mai mare și anume de la adîncimea de aproximativ 200 m pînă în abisuri. În terminologia actuală, bentosul se subdivide în *bentos fital* sau *sistem fital* (bentos neritic), deoarece asociațiile de aici cuprind atît plante cît și animale, iar bentosul profund a fost denumit *bentos afital* sau *sistem afital*.

Studierea bentosului pune numeroase probleme de ordin tehnic. Captarea organismelor de aici este mai dificilă. Pentru aceasta, se utilizează draga sau „apucătorul" (mușcătorul de fund), precum și diferite plase speciale prevăzute cu dispozitive de dragaj. În zona litorală se utilizează cu oarecare succes captarea organismelor de către scafandrii autonomi. De asemenea, se folosesc mezoscafele și chiar batiscafele cu care se observă, se fotografiază etc. Ele pot fi prevăzute cu dispozitive speciale de captare a organismelor. În zona supralitorală, captarea se poate face direct cu mîna sau cu penseta etc. În afară de dragaj și șalutaj, în marile adîncuri se încearcă captarea cu ajutorul unor capcane speciale sau cu traulul Isaac-Kid (pelago-abisal).

Aceste metode de captare prezintă, însă, multe inconveniente. Organismele nefixate, mai mari, fug din calea instrumentelor de captare, altele, fiind ascunse (în galerii), nu pot fi captate decît cu „mușcătorul".

În prezent se pune un accent din ce în ce mai mare pe cinematografia submarină, mai ales dincolo de limita atinsă de scafandrii autonomi, precum și pe televiziunea subacvatică. Aceste procedee pot satisface mai ales nevoia de a vedea densitatea macrobentontelor și de a afla cîte ceva din comportamentul lor, dar nu aduc un aport deosebit în ceea ce privește fiziologia și biochimia acestor organisme.

Aceste greutăți în colectarea și mai ales în modelarea experimentală a bentosului contribuie în mare măsură la faptul că, pînă în prezent, biologia organismelor bentonice, și în special a celor din bentosul abisal, este destul de puțin cunoscută sub raport ecologo-fiziologic. De altfel, nici inventarierea faunei bentice nu este încă completă, deoarece în fiecare an se descriu sute de noi specii sau chiar de genuri încă necunoscute.

BENTOSUL NERITIC

Bentosul neritic *(sistemul fital)* cuprinde zona de fund a bazinului, pînă la izobata de aproximativ 200 m, ceea ce corespunde platformei continentale. Prin calcul s-a evaluat suprafața platoului continental la aproximativ 22 milioane km^2. Lărgimea platoului poate fi mai mare în dreptul unor mase continentale decît al altora. Sectoarele mărginite de șiruri de munți au, în general, platoul continental redus, abruptul urmînd imediat.

În regiunea platoului continental, în zona eufotică, factorii abiotici suferă cele mai mari variații în amplitudine. În funcție de acești factori, și în special de lumină, de la mal spre adînc, pînă la circa 25 m, are

loc o scădere progresivă a biomasei fitobentosului și o creștere proporțională a zoobentosului (tab. 27).

Tabelul 27

Variația biomasei bentonice în funcție de adîncimea apei

Profunzimea (m)	Fitobentos (g/m²)	Zoobentos (g/m²)	Total (g/m²)
1,5	4 667	125	4 792
7,0	2 490	239	2 819
15,0	1 976	392	2 364
25,0	606	377,2	983,2

Descreșterea biomasei fitobentonice nu este peste tot absolut uniformă, deoarece fundul marin nu descrește sub forma unei pante line, pe cînd lumina se stinge treptat. Relieful submarin, în regiunea platoului continental, prezintă numeroase neregularități, accidente, adînciturі, denivelări. Plantele și animalele fotofile ocupă zona clară, în timp ce majoritatea animalelor se ascund de lumină. Animalele se instalează de obicei în porțiunile cu microrelief mai puțin luminat, sau în cîmpurile de alge care creează condiții de transparență redusă. Vegetalele favorizează instalarea faunei fitofilă, iar nisipurile a celei interstițiale, compusă mai ales din forme mici (viermi, crustacei, nematode), avînd și sursa de hrană apropiată. O excepție o constituie zonele puternic luminate, care oferă condiții de transparență, temperatură, mișcare și prezența compușilor cu calciu. În astfel de condiții se instalează coralii formatori de recife.

Vegetalele bentosului neritic

Acestea aparțin la numeroase grupe filogenetice, ca: alge care, de altfel, domină sectorul; licheni, în porțiunea supralitorală; fanerogame și bacterii.

Algele. Reprezintă componenta universală a sectorului bentic litoral, instalîndu-se, de preferință pe substratul dur. Distribuția lor este în funcție de o serie de condiții:

— substratul și natura lui *(calcifile, calcifuge);*

— temperatură: *euriterme,* spre suprafață și *picnoterme,* spre adînc;

— lumină, care determină o selectare și etajare a algelor în raport de pigmenți;

— salinitatea influențează mai puțin, majoritatea formelor fiind eurihaline;

— starea ionică protejează flora de acțiunea salinității; ionul de Ca^{++} are un efect protector în caz de desalinizare, pe cînd cel de K^{+} un efect invers;

— *p*H-ul este dăunător pe arii restrînse (ape stagnante);

— valurile, curenții, mareele selectează speciile și produc adaptări de natură morfologică;

— factorii biologici determină succesiunea formelor. Așa, de exemplu, instalarea enteromorfelor precede instalarea fucaceelor. Epifitismul are, de asemenea, un rol protector. Algele, în raport cu ciclul lor de dezvoltare, pot fi: perene *(Phyllophora, Cystoseira, Sargassum, Laminaria)* sau anuale *(Cladophora, Enteromorpha) (Planșa XXV).*

Diatomeele bentonice pot fi libere sau fixate de suport printr-un mucilagiu secretat de celulă. O serie de specii formează colonii prinse în mucilagii. Căsuța de siliciu este bine dezvoltată, avînd încrustații și colorații diferite. Unele animale fixate (ascidii) utilizează diatomee ca hrană. Mai multe specii de diatomee sînt forme epifite.

Fanerogamele marine. Aparțin clasei *Monocotiledonatae,* familia *Zosteraceae.* Populează mai ales unele sectoare ale platoului continental din apele tropicale. În M. Mediterană, *Posidonia oceanica, Cymodocca* etc. coboară pînă la 40 m adîncime în apele limpezi, iar genul *Halophila,* din regiunea Antilelor, pînă la adîncimi de 70 m. Speciile adaptate la viața subterană au suferit modificări caracteristice, atît în ceea ce privește organele de fixare, cît și cele de înmulțire.

În zonele estuarelor cu ape salmastre din regiunile calde tropicale se găsește o formațiune cu totul caracteristică acestora, formată din arbori cu rădăcini aeriene, care constituie adevărați piloni înfipți în substrat, iar sistemul foliar se situează deasupra apei. Este *formațiunea de mangrove.* Plantele de mangrove au nevoie de o temperatură de cel puțin 20°C, de sedimente terigene bogate în substanțe organice, de un *p*H cuprins între 7,6—6,6, cu variații mici, iar oxigenarea apei să fie cuprinsă între 27,5—96,6%.

Arborii ce compun formațiunea posedă o extraordinară convergență între speciile aparținînd la grupe sistematice diferite (fig. 198). În procesul de adaptare, modificările morfologice sînt însoțite și de adaptări fiziologice. Viviparitatea este frecventă. După fecundarea ovulului, embrionul se înconjoară de un fel de placentă. Rădăcinile aeriene contribuie la ventilarea mediului puțin oxigenat în care pătrunde siste-

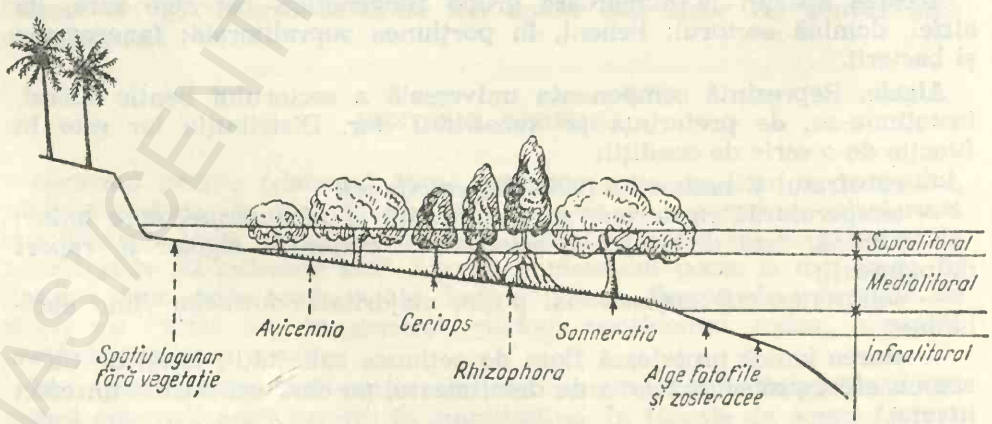


Fig. 198. Formațiunea de mangrove (după N a v a l k a r și B h a r u c h a).

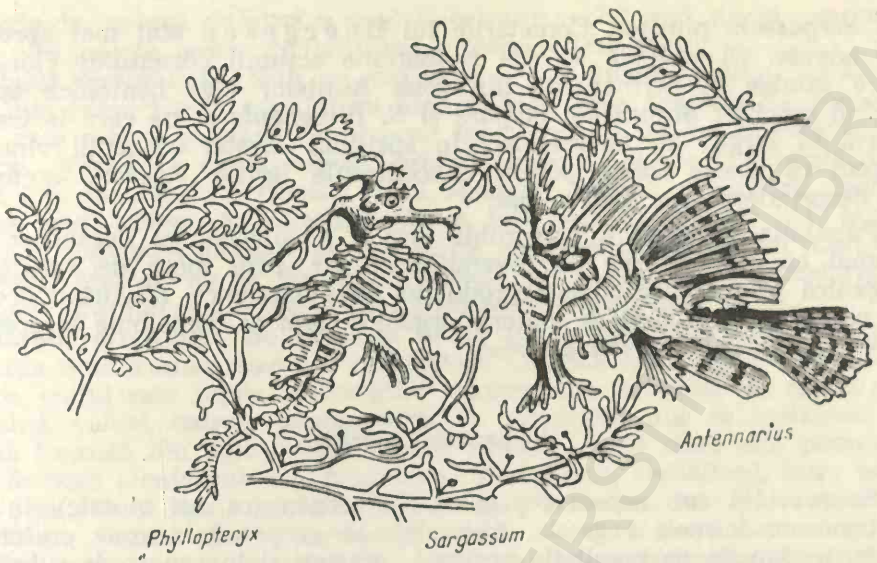


Fig. 199. Biocenoza algei plutitoare *Sargassum* sp.

mul radicular adevărat. Formațiunea se instalează la distanțe variabile de țărm (mediolitoral), între paralelele 32°N și 44°S. Pe țărmul apusean al Africii, asemenea formațiuni se întîlnesc destul de des.

Sargassum-ul plutitor este constituit din alge care aparțin ca origine mai ales populației bentonice. Acesta plutește liber în pelagialul oceanic al Mării Sargasselor. Formațiunea este alcătuită mai ales din *Sargassus natans, S. erystrix, S. fluitans,* la care se adaugă unele specii epifite, ca: *Ceramium* sp., *Cocconeis, Monostroma* și o serie de animale în bună parte epifite care mimează bine algele printre care trăiesc (fig. 199).

Condițiile de mediu sînt cele oferite de pelagialul oceanic al Mării Sargasselor, situată către mijlocul Oceanului Atlantic, la nord de ecuator. Suprafața acestei mări este de circa 4,4 milioane km². Temperatura variază puțin (20—25°C) la suprafață, iar în profunzime se menține relativ crescută pînă la 400 m (17°C), datorită schimbului de ape cauzat de evaporație. Apele mai dense de la suprafață „cad" spre adînc și mențin o temperatură relativ crescută la adîncime. Salinitatea la suprafață este crescută (37,5 g/l) și se menține destul de constantă. Lumina pătrunde relativ adînc, datorită transparenței mari a apei. Omogenitatea mare a factorilor de mediu, precum și lipsa unui suport pentru fixare, au determinat particularitățile biologice ale formațiunii. Talul algei conține vacuole pline cu aer, care contribuie la menținerea lui în stare de plutire și nu posedă organe de reproducere.

Originea formațiunii este și în prezent subiect de discuție. Unii consideră că algele de aici provin din algele bentonice gigantice care, desprinse de suport s-au adaptat acestui mod de viață. Se atribuie și o origine din forme de alge litorale *(Phaeophiceae),* care au aparținut fostului continent Atlantida și au dat naștere formelor actuale

de *Sargassum* plutitor. Cercetările lui Boergesen sînt mai aproape de adevăr. El atribuie această formațiune acțiunii curentului Floridei, care smulge în permanență din zona Antilelor alge bentonice aparținînd speciilor *Sargassum vulgare* și *S. filipendula* și pe care le transportă în largul M. Sargasselor. În sprijinul acestei concepții vine și faptul că aceste forme posedă conceptacule fertile. Aceasta ar arăta că desprinderea s-a făcut recent.

Populația vegetală a sectorului neritic al mărilor și oceanelor nu numai că este extrem de diversificată, dar, prin masa de substanță organică primară, se adaugă producției fitoplanctonice, asigurînd această regiune cu un plus de materie organică, fapt ce contribuie la creșterea potențialului nutritiv al zonei.

Zoobentosul neritic

Se prezintă sub aspect topografic heterogen (ca un mozaic), întrepătruns cu formele vegetale. Animalele se grupează în zone preferențiale, în funcție de populația vegetală, precum și în raport de substrat. Unele forme sînt epifite. Multe foraminifere, hidrozoare, briozoare, unele amfipode și izopode tubicole trăiesc astfel. O microfaună formată din ciliate, flagelate, nematode, polichete, rotifere și copepode populează formațiunea de plante submerse. Legate de substrat, mai ales prin hrană, unele forme libere de pești (guvizi, calcani), decapode (crabi), moluște, precum și forme ce sapă galerii *(Gebia)* sau se afundă în mîl și nisip (polichete), populează în număr mare această zonă *(Planșele XXVI* și *XXVII)*. Între formele vegetale și animale care populează neriticul se stabilesc legături biocenotice complexe. Formațiunea de mangrove, precum și cîmpurile de alge constituite din una sau două specii (*Phyllophora* — caracteristică Mării Negre), posedă o faună adaptată mediului nu numai ca nutriție, dar adesea și în ceea ce privește culoarea și cerințele față de condițiile fizico-chimice.

În zona bentosului neritic, natura substratului dur joacă un rol important în repartiția populației animale. Pe lîngă substrat și vegetație se mai adaugă și condițiile de mediu, care au o amplitudine de variație mult mai mare decît în oricare sector al mării. O clasificare a populației bentonice neritice, în raport cu aceste condiții, este greu de realizat. De aceea, pentru studiul poulației se utilizează mai ales dispunerea etajată a organismelor. Etajele topografice au condiții de mediu mai mult sau mai puțin asemănătoare.

Etajul supralitoral. Este populat cu organisme care pot rezista la emersie mai îndelungată. Imersia se manifestă aici numai în timpul mareei maxime sau în condiții de valuri puternice. Substratul dur al acestui etaj este populat de licheni *(Verrucaria)*, cloroficee *(Calatrix)* și cianoficee epifite, unele constituind o biodermă vegetală cu rol protector asupra substratului. Populația animală este, de asemenea, constituită din forme ce rezistă la emersie. Prosobranhiatele sînt reprezentate prin specii de *Litorina* și *Melaraphae neritoides*, izopodele de *Ligia oceanica* și *Ligia italica*. Succesiunea verticală a populației animale este în

funcție de variația de nivel a apei. Substratul mobil (mîl, nisip) cuprinde mai ales insecte, amfipode (talitride) și izopode *(Eurydice)*.

Etajul mediolitoral. Este cel mai bine și mai divers populat. Substratul dur (stînca) este populat cu alge pluricelulare adaptate la imersie, dar care rezistă și stării de emersie temporară. Alge ca: *Brachytrichia balani, Mesospora mediterranea, Briopsis*, precum și specii animale mai ales fixe ca: *Balanus, Patella*, crabi, spongieri, actinii și moluște, populează acest biotop. Substratul mobil a fost pînă în prezent mai puțin studiat. Populația animală este alcătuită mai ales din polichete *(Ophelia radiata, Mesodesma* și *Nerrine ciratulus* etc.), amfipode *(Haustorius)*, izopode *(Eurydice)* și alți crustacei (blefarocoride, *Hypa* etc.).

Etajul infralitoral. Se prezintă foarte diversificat, fapt care a atras atenția unui număr mare de cercetători. Cuprins între 0,20—3 m adîncime, etajul este supus fluctuațiilor maxime ale factorilor de mediu ca: lumină, valuri, maree, temperatură. Pe substratul dur se instalează o floră formată din alge fotofile foarte variate. Apele clare sînt populate de feoficee *(Jania rubens)*, cloroficee *(Cladophora, Gelidium)*, între care se dezvoltă o faună variată (hidrozoare, briozoare, ascidii, crustacei, polichete — mai ales terebelide și nereide — cît și pești bentonici). În cadrul acestui complex vegetalo-animal se disting biocenoze caracteristice, cum sînt: biocenoza cu *Cystoseira*, cea cu alge calcaroase *Lithophyllum bissoides)* etc. În Marea Mediterană, biotopul cu alge calcaroase ocupă o zonă largă și include o faună fixată, compusă mai ales din moluște tubicole, ciripede pedunculate, madreporiari și spongieri. Apele mai puțin limpezi sînt ocupate de alge tipic sciafile (din genurile *Carollina* și *Laminaria)*. Apele tropicale ale etajului sînt populate cu alge verzi *(Caulerpa, Halimeda, Cladophora)* etc. și variate forme de animale ca: *Ciona, Eunice, Mytilus*, ophiuride, asteride etc.

Cel mai important complex biocenotic al etajului infralitoral este constituit de populația de antozoare, respectiv de coralii formatori de recifi. Recifii coralieni reprezintă un ansamblu gigantic de animale și plante, localizat în infralitoralul tropical. Asociația ocupă pe glob o suprafață de 190 milioane km². Formele constitutive de bază sînt hexacoralierii și octocoralierii, alături de care algele calcaroase, foraminiferele și bacteriile, precum și o mulțime de alte animale, se constituie într-o asociație bine închegată. În Marea Neagră sînt situate cîmpurile cu midii de adîncime, biocenozele cu *Spisula*, cu *Abra, Cardium* etc.

Substratul mobil al etajului infralitoral cuprinde mai multe biocenoze, între care cel cu *Tellina și Solen* sînt mai importante. Nisipul grosier cuprinde moluște bivalve, crustacei decapozi, echinoderme și alge calcaroase *(Lithophyllum, Lithothamnion* etc.). Fanerogamele marine se instalează și în brîul superior al acestui etaj.

Etajul circalitoral. Se prezintă foarte mult diversificat, datorită substratului mîlos și lipsei luminii intense. Algele tolerante față de lumina slabă formează populația algală destul de sumară a etajului. Sînt prezente mai ales algele roșii calcaroase, în raport de variația sezonieră a luminii. Substratul dur este populat de corali de profunzime, spongieri, polichete (serpulide și eunicide), brahiopode și briozoare. În mările arctice, pînă la adîncimea de 100 m, au fost semnalate specii de *Balanus* și *Alcyonidium*, care dau o biomasă de pînă la 100 g/m². Spongieri din

genurile *Geodia, Poecillastra* și *Phakellia* au fost semnalați în mările boreale pînă la adîncimea de 200 m. Substratul mobil este constituit mai ales din depuneri terigene și de substanță organică. Organismele detritivore găsesc aici condiții bune de dezvoltare (moluște bivalve, cnidari etc.).

Recifii și formațiunile de corali

Coralii formatori de recifi au exigențe mari față de temperatură, salinitate, lumină și dinamica apei; transparența trebuie să fie mare și constantă. Temperatura la care trăiesc coralii nu trebuie să scadă sub 21°C. Unele forme exondabile suportă pentru un timp scurt chiar temperaturi pînă la 56°C. Temperatura optimă se situează în jurul valorii de 23°C. Exigențele față de temperatură limitează formațiunea între latitudinile de 30° nord și sud (fig. 200). Salinitatea crescută nu este suportată bine, deși unii corali se adaptează la salinități crescute (M. Roșie). Agitația de grad mijlociu a apei favorizează dezvoltarea recifului, datorită împrospătării apei cu oxigen, antrenării de particule alimentare și substanțe minerale. Aparatul tentacular contribuie, de asemenea, la primenirea apei. Transparența favorizează dezvoltarea algelor simbionte. Nisipul și alte particule grosiere distrug ușor polipul plăpînd.

Înfățișarea formațiunilor recifale este foarte diversă. Se întîlnesc în general trei tipuri principale de recifi, și anume:

— *atolul,* de forma unui inel coralier, care închide în interior o lagună, este formațiunea cea mai tipică (fig. 201);

— *recifal-barieră* este constituit dintr-un lanț coralier, mai mult sau mai puțin continuu, situat la o oarecare distanță de țărm și închizînd

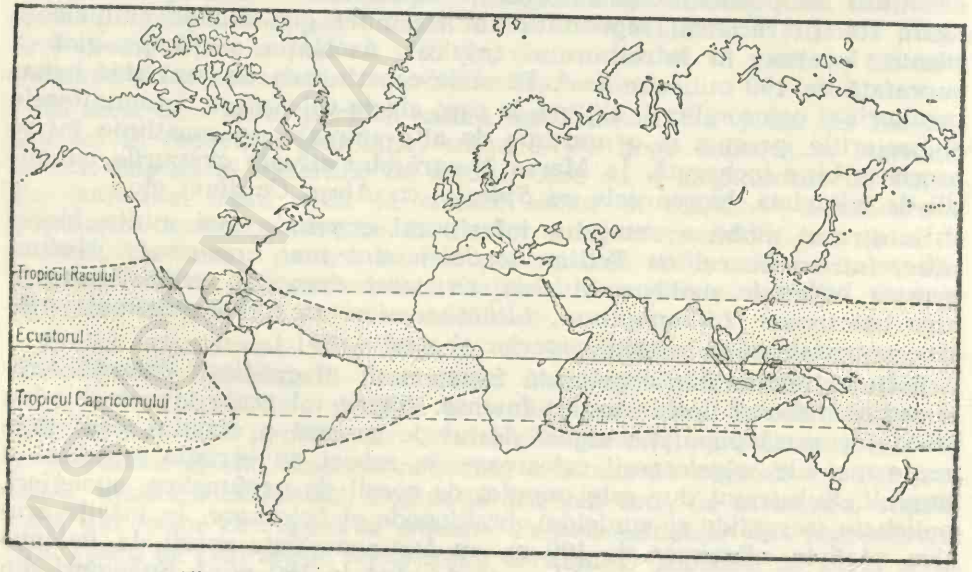


Fig. 200. Distribuția recifilor de corali în oceanele lumii.

Fig. 201. Atol din Oceanul Indian.

între acesta și recif o lagună cu dimensiuni în unele cazuri considerabile (marele cordon NE al Australiei, cordonul coralier din jurul Cubei etc.);

— *recifal riveran*, formațiune fragmentară sau de platformă, ocupînd adesea porțiunea imediat apropiată de țărm. Are condiții mai puțin optime de dezvoltare decît formațiunile precedente; mai ales suspensiile sînt dăunătoare coralilor.

După W e l l s (1957), cele trei forme recifale formează o serie singenetică, avînd origine unică. Acolo unde condițiile ecologice sînt favorabile, se instalează complexul recifal, în forma și structura dependentă de factorii care îl influențează. Tot W e l l s este și principalul autor care a studiat și clarificat problemele legate de structura recifului în general.

În secțiune se disting trei orizonturi, și anume: un orizont superior care coboară pînă la adîncimea de 15 m, bogat în alge calcaroase; un alt orizont, cuprins între 15—45 m, dominat de *Echinophyllia;* ultimul orizont, pînă la adîncimi de 50—70 m, avînd ca element dominant pe *Leptoseris* (fig. 202). În funcție de orientarea recifului, cele trei orizonturi sînt divers populate. În general, complexul recifal cuprinde

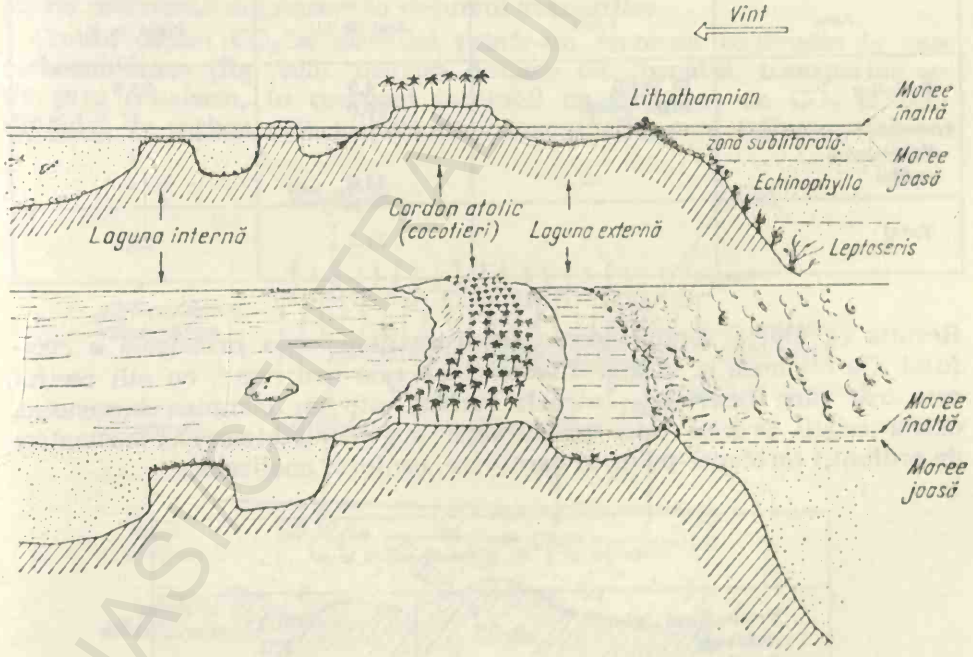


Fig. 202. Secțiune prin atolul Bikini.

madreporari, între care mai frecvent se întîlnesc specii și genuri de *Acropora porifera, Heliopora caerulea, Porites lutea, Favia, Favites, Montipora* și hidropolipi veninoși ca *Millepora platyphyla*. Algele aparțin mai ales cloroficeelor *(Halimeda, Caulerpa)*. În formațiune se mai întîlnesc foraminifere, actinii, ursini etc.

Laguna este formațiunea închisă mai mult sau mai puțin de recif. Apa lagunei este în general liniștită, dar posedă un conținut de oxigen suficient pentru satisfacerea exigențelor polipilor și altor forme animale care trăiesc aici. Populația lagunei este diversă, compusă din crustacei, moluște, pești și alte forme adesea gigantice (ea constituie un loc de atracție pentru pescuitorii subacvatici). Talusul și fundul lagunei este acoperit de un sediment detritic grosier, pe care se pot dezvolta cloroficee și unele fanerogame. Zonele cele mai bogate în formațiuni coraliere se situează în regiunea indo-pacifică. În Atlantic, populația de corali este mai săracă, cuprinzînd numai 30 de specii, față de 700 în regiunea indo-pacifică.

Biomasa și productivitatea recifilor de corali au fost studiate de către E. P. Odum (1955). În studiile sale a avut în vedere producția realizată de polipi, de alge simbionte cît și de algele care se găsesc între polipi și în scheletul recifal. Algele simbionte profită mai ales de bioxidul de carbon eliminat în mediu de către polipi, furnizînd în schimb substanțe organice nutritive. Prezentăm mai jos conținutul unui recif în cele două componente, sub raport cantitativ:

Zona	Locul	Alge (în %)	Polipi (în %)
Polipilor	în polip între polipi	4,5 26,0	25,5 —
Scheletului recifal	—	44,0	—
Total	—	74,5	25,5

Rezultă că algele verzi (zoochlorele) constituie masa principală a recifului. Cu cît bogăția în alge filamentoase este mai mare, cu atît recifu este mai bine dezvoltat. Întrucît recifu este un complex biocenotic, există relații precise între producători (algele simbionte), consumatori de ordinul I (erbivore-polip) și carnivore, conform analizelor:

Producția în g de substanță uscată la m²	
Producători primari	703
Erbivore	123
Carnivore	11

Totalul masei de substanță uscată în g/m² este cuprins între 665—1 335, ceea ce corespunde la o masă destul de mare substanță organică proaspătă. Producția anuală este de 12,5 ori mai mare ca biomasa medie. Creșterea recifului este mică, revenind în medie cam 1,6 cm pe an. În decursul timpurilor, această creștere, care nu este numai pe verticală, ci și pe orizontală, a dus la formarea unor insule de corali destul de mari. Unele din acestea au un profil de peste 1 500 m.

Cauzele care duc la formarea de recifi sînt discutate și astăzi. Este un fapt cert că acestea sînt opera minusculelor și delicatelor colonii de polipi. Dar ce forme se instalează și fac asemenea „construcții" în anumite zone ale oceanului este mai puțin lămurit. Ch. Darwin a ajuns la concluzia că polipii se instalează pe anumite insule care se scufundă și ei cresc în măsura în care uscatul este acoperit de ape. Dacă scufundarea uscatului este mai rapidă, întreaga formație coralieră dispare atunci cînd atinge o adîncime la care fotosinteza nu mai este posibilă iar condițiile de temperatură nu permit dezvoltarea polipilor. Partea nordică a zonei coraliene din Oc. Pacific suferă un astfel de proces de scufundare, ceea ce vine în sprijinul părerii formulate de către Darwin. Pe de altă parte, formațiunile eruptive de la fundul bazinelor oceanice, peste care se depun resturi organo-minerale, dacă ajung la adîncime mai mică de 40 m, pot constitui un suport pentru instalarea recifului de corali (Murray). S-au mai emis și alte teorii cu privire la formarea recifilor, dar nici una nu satisface pe deplin exigențele actuale (Agassiz, Gardiner). Depozitele de calcar de origine coraliană, existente azi în multe părți ale globului, demonstrează rolul important jucat de aceste minuscule organisme în decursul vremurilor.

Coralii depun CO_3Ca insolubil printr-un fenomen enzimatic în care carboanhidraza (fig. 203) tisulară desface bicarbonatul, transportat activ prin ectoderm, în carbonat insolubil cu formarea de CO_2 și H_2O. Bioxidul de carbon este utilizat de *Zooxanthella*, care trăiește simbiont

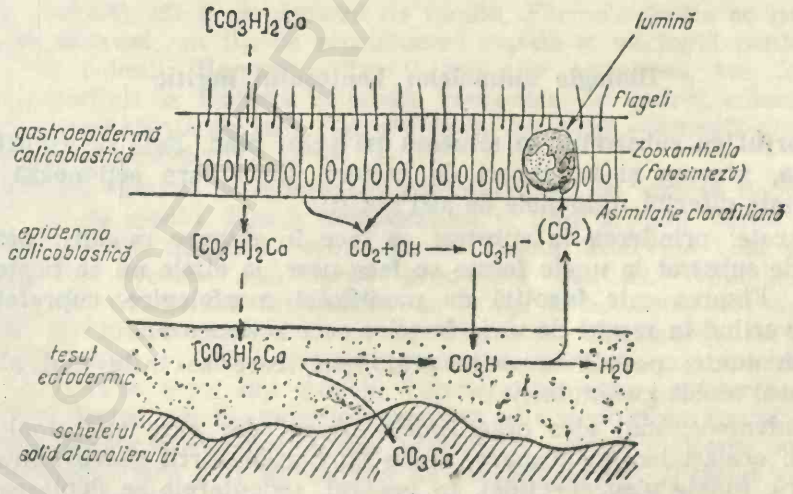


Fig. 203. Mecanismul de depozitare a calciului de către coralieri.

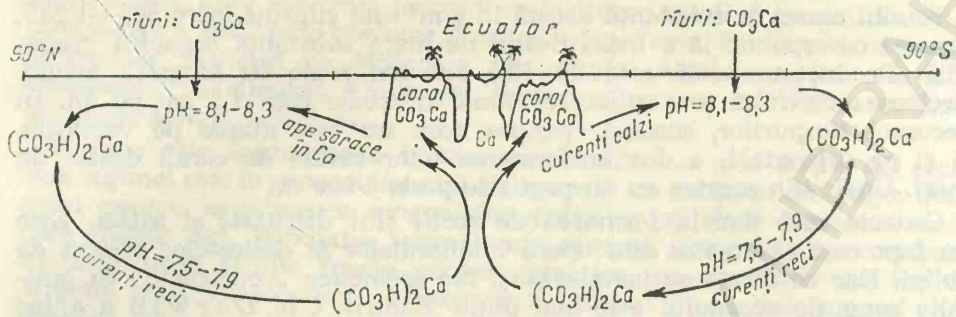


Fig. 204. Dinamica concentrației calciului cu latitudinea și circulația apelor.

cu coralierii dar care poate constitui o rezervă de hrană proteică atunci cînd aceasta nu se poate asigura în întregime prin asimilația naturală a coralierului. De aici rezultă că depozitarea de carbonat insolubil drept „schelet" de ridicare a coralilor la suprafață este și un fenomen secundar al nutriției lor.

Ca urmare a situării geografice a coralilor în regiunile tropicale (activitatea carboanhidrazei nu are loc sub 21°C), în apele de aici se produce o sărăcire în calciu. Cantitatea de $(CO_3H)_2Ca$ este mai mică în apele intertropicale decît în apele polare sau ale zonei temperate (fig. 204); de aici existența unui circuit al calciului dinspre regiunile temperate și polare (unde calciul este adus de apele rîurilor) spre poli, apoi cu apele reci acesta coboară spre adîncimi și iese la suprafață în regiunea ecuatorială. Apele de adînc ce ies la suprafață aici sînt bogate în săruri solubile de calciu, dar sărăcesc repede din cauza fixării acestuia în enormele recife de coralieri (numai Marea barieră de coralieri a Australiei de Est are peste 1 600 km lungime și peste 200 km lărgime în unele locuri).

Biologia animalelor bentosului neritic

Raportul cu substratul se situează pe prim plan. Față de consistența acestuia, precum și în raport de factorii fizici care acționează cu o intensitate diferită, animalele de aici pot fi:

— *fixate:* prinderea la substrat se face în diverse moduri; desprinderea de substrat la unele forme se face ușor, la altele nu se poate face de loc. Fixarea este însoțită de modificări morfologice, suprafața de fixare variind în raport de tăria forțelor care acționează;

— *pivotante:* posedă anumite prelungiri, care se înfig mai ales în substratul mobil (penatulari);

— *sedentare:* mai ales organismele libere, dar care stau mai mult timp în același loc; ca urmare, unele au corpul turtit dorsoventral sau asimetric (unele pleuronectide). În general, sedentarele se deplasează pe spații reduse;

— *înfundătoare:* se adîncesc cu tot corpul în substratul afînat: prin aceasta se apără mai ales de acțiunea valurilor (viermi, creveți, moluște, holoturii, ursini);

— *săpătoare de galerii:* unele sapă în piatră, folosind acizii secretați de glandele salivare *(Petricola);*

— *libere,* fără a avea mijloace proprii de propulsie, fiind mișcate odată cu mișcările apei;

— *vagile,* adică formele libere care se deplasează pe suport cu ajutorul unor organe de mișcare: unele cu ajutorul apendicelor (crustacei), altele prin tîrîre (anelide), altele prin mișcări ondulatorii sau cu ajutorul apei (eliminarea unui jet.)

Nutriția. O preocupare importantă a organismelor bentonice este aceea legată de capturarea hranei, formele fixe mai ales neputîndu-se deplasa pentru procurarea acesteia. Microfagele posedă dispozitive, formațiuni care antrenează spre aparatul bucal particule organice, substanțe coloidale sau organisme mici. Adaptările pentru captarea unei astfel de hrane sînt numeroase. Unele forme au tentacule în jurul aparatului bucal de care aderă particulele; tentaculele sînt îndreptate întotdeauna în direcția în care hrana este mai îmbelșugată. Există, de asemenea, forme care secretă o substanță filantă de care se prind particulele alimentare mărunte, care apoi sînt ingerate cu substanță cu tot. Bătaia cililor și a flagelilor de asemenea ajută la antrenarea curentului de apă spre aparatul bucal. Unele forme (moluște) își procură hrana prin filtrare și decantare.

În ceea ce privește sursele de hrană, numeroase forme consumă hrană vegetală altele sînt răpitoare sau detritivore (formele sedentare mai ales utilizează drept hrană detritusul vegetal și mîlul depus la fund).

Reproducerea. În lupta interspecifică, care la nivelul bentosului neritic se manifestă destul de violent, succesul este adesea de partea aceluia care își are asigurată mai bine perpetuarea. Reproducerea se face atît sexuat, cît și asexuat. Modul de reproducere depinde de tipul de viață (fixată, mobilă), cît și de factorii de mediu. Formele fixate se reproduc mai ales asexuat, un tip de reproducere rapidă și eficientă pentru formarea de colonii. Hermafroditismul este, de asemenea, un fenomen frecvent întîlnit la formele coloniale bentonice. În cadrul coloniei, fecundarea încrucișată se face mai ales între indivizii apropiați din punct de vedere topografic.

Maturarea sexuală și eliminarea gameților sînt în strînsă dependență de factorii de mediu. Hrana, temperatura și unii produși chimici influențează în mod deosebit reproducerea. Hrana intervine mai ales în perioada ce precede maturarea produșilor sexuali. Abundența de hrană poate determina eliminarea la timp a acestora, tot așa cum penuria de hrană poate întîrzia acest proces. Eliminarea la timp a gameților joacă un rol important pentru asigurarea unei maxime eficiențe în unirea celor doi gameți. Temperatura este considerată ca un important factor abiotic care influențează atît maturarea gonadelor, cît și eliminarea lor la exterior. Unele organisme bentonice depun ouăle tot timpul anului, fără a fi influențate de factorul termic *(Patella vulgata).* Majoritatea peștilor depun însă icrele numai după ce în mediu se stabilizează o anumită temperatură care să asigure în continuare matu-

rarea ouălor. Există o așa-numită *temperatură critică* ce asigură declanșarea eliminării produșilor sexuali. Din această cauză, la unele forme, cum este *Chlamys opercularis*, care deși ating maturitatea sexuală în luna februarie, ponta nu are loc decît în luna iulie, cînd temperatura devine extrem de favorabilă unirii gameților.

O serie de produși chimici, unii eliberați în mediu de către alge, determină eliminarea gameților la unele specii de bivalve. Principiul activ este solubil în apă și termostabil. Unii produși eliminați de flagelate influențează maturarea gameților și eclozarea ouălor de *Balanus*. Astfel se explică dezvoltările explozive a unor organisme planctonice și ponta unor organisme bentonice ale căror larve trăiesc în pelagial.

Ritmul diurn, ca și fazele lunii, influențează depunerea de gameți de către unele forme bentonice.

Fecundarea se realizează în interiorul corpului sau în mediu, prima cale fiind mai eficientă, iar urmașii sînt mai viabili. Emisiunea gameților în apă prezintă dezavantajul pierderii unor cantități mari de produse sexuale. Ouăle se dezvoltă fie în dispozitive (învelișuri) specializate, fie în mediu. Majoritatea nevertebratelor au ouă care se dezvoltă în afara individului. Acestea sînt de obicei învelite într-o masă protectoare de natură gelatinoasă (de exemplu, ouăle de *Blenniidae*) sau scorțoasă (ouă de *Raja, Trygon*). Maturarea și ecloziunea se realizează la locul de depunere sau în apele superficiale. Larvele care trăiesc în zona bentonică se hrănesc pe seama rezervelor o anumită perioadă de timp, apoi se fixează de suporturi solide în apropierea populației care le-a dat naștere. În unele cazuri, larvele consumă ovulele nefecundate, fenomen cunoscut sub denumirea de *adelfofagie*. Cele mai multe organisme bentonice au o dezvoltare ciclică, cu o fază se ce petrece obligatoriu în pelagial. Aceste larve, fie că se hrănesc cu plancton *(planctonofagae)*, fie că se hrănesc cel puțin un anumit timp cu rezervele de vitelus *(lecitotrofe)*, vor părăsi zona numai după încheierea ciclului larvar. În mările tropicale larvele planctonofage sînt în majoritate (80—85%), în cele temperate se reduc procentual (60—65%), iar în cele polare numai 5% din totalul lor se hrănesc cu plancton. Aici majoritatea sînt de tip lecitotrof. În Antarctica, formele lecitotrofe și vivipare sînt mai numeroase decît în Arctica, datorită probabil condițiilor de mediu mai vitrege aici decît în nord. Dezvoltarea explozivă a planctonului în Antarctica nu durează decît aproximativ 3 săptămîni. Fluctuațiile masei bentonice sînt mai mari la populațiile care se dezvoltă din ouă de tip alecit și dau larve planctonofage expuse în mai mare măsură intemperiilor și dușmanilor. În asamblu, asupra numărului de indivizi maturi va influența: fecunditatea, mortalitatea larvară și durata de viețuire în zona pelagială.

Repartiția populației bentonice este inegală, datorită cauzelor analizate mai sus, precum și factorilor care intervin mai ales ca reglatori ai repartiției.

Temperatura joacă rolul cel mai important în distribuția pe verticală a organismelor bentonice. Astfel, coralii nu suportă variații de temperatură mai mari de 8°C, de aceea și în adîncime și pe latitudine ocupă arii cu variații restrînse de temperatură. Ei sînt de tip termofil, deci cer condiții de temperatură nu numai stabilă, ci și relativ ridicată. Unele

pelecipode din Arctica nu suportă variații de temperatură mai mari de 4°C, iar altele numai de pînă la 0°C *(Pecten groenlandicus)*. Scăderea temperaturii cu adîncimea, diferențiat după latitudini, delimitează răspîndirea stenotermelor. Temperatura, afectînd metabolismul organismelor, poate contribui la scăderea rezistenței la acțiunea altor factori defavorabili.

Reacția ionică. Variază mult în golfuri și porturi, din care cauză bentosul de aici este constituit mai ales din forme eurione. Asupra răspîndirii organismelor bentonice mai influențează **salinitatea și conținutul în materie organică.**

Lumina. Contribuie, de asemenea, la dispunerea etajată a organismelor bentonice. Cele simbionte nu pot trăi decît pînă la adîncimea la care se asigură condiții pentru desfășurarea fotosintezei.

Substratul. Consistent sau mai puțin consistent, substratul prezintă forme care se pot atașa de acesta. Pe pietre se localizează organismele fixe și cele care aderă de substrat prin organe de prindere puternic dezvoltate; în nisip și mîl, formele care se înfundă în acestea sau care utilizează materia ce se sedimentează, pentru nutriție, avînd adaptări speciale; în substratul mobil, dar liniștit, trăiesc mai ales forme care nu rezistă la acțiunea valurilor. Nisipul de pe plaja marină adăpostește o asociație caracteristică, descoperită recent și studiată la noi de A. P e t r a n: *psamomul marin* (vezi capitolul *Marea Neagră*). În raport de adîncime, se distinge un *epipsamom* și un *endopsamom*. Formele psamice se pot deplasa adesea în substrat, iar altele se fixează de acesta cu ajutorul unor secreții mucilaginoase sau cu „ancore", ca la *Corbulomya* (M. B ă c e s c u și colab.). Majoritatea formelor endopsamice au talie mică (50—200 microni), corp filiform și adesea nu posedă organe pentru perceperea luminii. Majoritatea sînt euriterme și eurihaline.

Factorul hidrodinamic. Prin acțiunea sa ritmică sau neregulată influențează, de asemenea, atît conformația și consistența părților dure ale organismelor, cît și dispunerea lor în spațiu. Valurile exercită atît o acțiune directă, cît și una indirectă. Influențele indirecte sînt mai numeroase și mai favorabile. Astfel, bătaia regulată a valurilor favorizează dezvoltarea coloniilor de corali. Această mișcare continuă dispersează produșii toxici și contribuie la o mai bună oxigenare a apei. Pe zona bentosului neritic acțiunea valurilor încă se resimte, deși nu cu aceeași intensitate pe toată adîncimea, scăzînd de la suprafață spre adîncime. Trebuie semnalat că în Marea Neagră bionomia zonei neritice se încheie spre larg cu etajul periazoic (M. B ă c e s c u).

BENTOSUL PROFUND

Cercetarea bentosului profund sau *afital* a început în ultima vreme, grație mijloacelor moderne de sondare și recoltare de probe din adîncimile oceanului. În prezent, cu toate eforturile făcute, cunoștințele privitoare la acest domeniu sînt destul de sumare.

Încă de la începutul secolului trecut se susținea că adîncurile oceanelor sînt ocupate de ghețuri eterne, iar F o r b e s, în urma unor dragaje în

Marea Mediterană, a ajuns la concluzia că sub 300 m această zonă este azoică. Michael Sars (1851) a capturat pentru prima dată, de la adîncimea de 500 m, o serie de organisme din Marea Norvegiei. S-a emis și răspîndit după aceasta concepția potrivit căreia la adîncimi mari organismele sînt foarte primitive. Expediția „Challanger" aduce primele argumente mai importante privind viața în adîncurile mărilor. De la această expediție și pînă astăzi, cercetarea a făcut progrese remarcabile. Dar, cu toate acestea, se afirmă adesea că abisul oceanic este mai puțin explorat și cunoscut decît cosmosul.

Condițiile de mediu, ca: temperatura relativ scăzută, salinitatea destul de constantă, oxigenul adesea în cantități insuficiente, calmul relativ al apei, substratul semilichid, creșterea proporțională cu adîncimea a presiunii hidrostatice, dar mai ales lipsa totală de lumină din exterior, imprimă vieții din abisuri un caracter aparte. Incidența acestor din urmă factori este adesea ignorată. Asupra metabolismului mai ales, aceștia pot acționa fie sinergic, fie antagonic, astfel că în ultimă instanță presiunea crescută și obscuritatea absolută pot constitui factorii esențiali care determină caracteristicile metabolice specifice organismelor abisale.

Populația bentosului profund este constituită din animale și bacterii barofile. Animalele aparțin la diverse grupe filogenetice, mai ales nevertebrate. Spongierii bentosului profund aparțin clasei *Hexactinelida* și cuprind peste 400 de specii care trăiesc în profunzimea oceanelor. Octocoralierii din grupa *Gorgonaria* și *Penatularia* sînt, de asemenea, frecvenți. Madreporarii izolați (necoloniali), diverși ca specii, aparțin genurilor *Lophelia, Amphelia* și *Dendrophyllia*. Antipatarii, zooantarii, actiniile, ciripedele, cumaceele, izopodele, decapodele, moluștele, echinodermele, pogonoforele, ascidiile și peștii, toate aceste animale aparținînd la numeroase ordine și familii, se pescuiesc în zona bentosului profund. Majoritatea organismelor din profunzimea oceanului sînt euribate și stenoterme. Din prezentarea acestor grupe mai reprezentative se poate constata marea varietate a organismelor ce populează bentosul profund. Substratul afînat, datorită depunerilor recente, face ca multe forme ce populează bentosul profund să fie adaptate la faciesul de nămol; acestea se afundă în mîl, astfel că numai cu mare greutate se pot colecta organisme vii. Aducerea lor la suprafață întîmpină greutăți datorită presiunii din ce în ce mai mici, pe măsura scoaterii spre suprafață ceea ce determină moartea rapidă a majorității exemplarelor capturate.

Distribuția organismelor în funcție de adîncime nu este uniformă, numărul de indivizi și specii scăzînd progresiv cu aceasta (tab. 28).

Diferențe destul de mari de la un etaj la altul se obțin și în funcție de instrumentul folosit pentru capturare. Prin dragaj, la nivelul depozitelor hemipelagice, se obțin, de exemplu, 27 specii și 57 indivizi. Cu ajutorul traulului de fund, în aceeași zonă, se obțin 32 specii și un număr de 90 de indivizi. Sondajele efectuate la nivelul mîlului cu globigerine sau argilă roșie au dus la rezultate similare, numărul speciilor capturate depinzînd de instrumentul utilizat.

Din punct de vedere cantitativ, rezultatele arată o repartiție și mai diferențiată a biomasei bentosului profund în raport de bazin și zona climatică. Biomasa bentonică profundă este apreciată la 0,37 g/m^2 în

BCU IAȘI/CENTRE UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul 28

Repartiția speciilor de nevertebrate în bentosul profund
(după Zenkevici, 1959)

Adîncimea (m)	Principalele grupe de nevertebrate și numărul aproximativ de specii																
	H.	*Ac.*	*Pol.*	*Ec.*	*Si.*	*Br.*	*Ci.*	*Am.*	*Iz.*	*Pic.*	*As.*	*Of.*	*Ech.*	*Hol.*	*Cr.*	*Po.*	Total
3 000	14	44	176	12	21	47	34	41	36	26	124	100	47	143	19	30	992
4 000	12	30	122	11	14	14	13	28	49	15	58	44	15	100	12	16	553
5 000	8	18	64	9	5	4	3	17	39	4	21	10	6	41	4	13	266
6 000	2	10	33	7	3	1	1	14	29	2	6	5	2	19	2	11	146
7 000	2	8	22	6	1	—	—	6	12	—	2	1	1	15	2	10	88
8 000	1	6	14	3	1	—	—	4	5	—	—	—	—	9	2	10	55
9 000	—	3	3	2	—	—	—	1	1	—	—	—	—	3	1	7	21
10 000	—	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	5

Explicarea prescurtărilor: *H.* — hidroide; *Ac.* — actinii; *Pol.* — polichete; *Ec.* — echinide; *Si.* — sipunculide; *Br.* — briozoare; *Ci.* — ciripede; *Am.* — amfipode; *Iz.* — izopode; *Pic.* — picnogonide; *As.* — asteride; *Of.* — ofiuride; *Ech.* — echinide; *Hol.* — holoturide; *Cr.* — crinoide; *Po.* — pogonofore.

Oc. Atlantic (în larg, la vest de Congo), 0,5 g/m² în partea sud-vestică a Africii, 0,2 g/m² în Oc. Indian și 1 g/m² în Oc. Pacific. Cele mai sărace zone în populație bentonică profundă (sub 2 000 m) sînt cele din regiunile abisale tropicale, unde s-a determinat o biomasă de abia 0,08 g/m² în Oc. Pacific și 0,03 g/m² în Oc. Indian.

Factorii care condiționează densitatea și distribuția cantitativă a organismelor bentosului profund sînt mai ales depozitele; de consistența și conținutul acestora, de bogăția în substanță organică a peliculei de sediment superficială, depinde nutriția și, deci, dezvoltarea bentosului profund. Bogăția în organisme din zona pelagialului va contribui la concentrarea în abisuri a unor cantități mai mari de substanțe organice sub formă de „ploaie" de cadavre.

Populația bentosului profund, la fel cu cea a bentosului neritic, diferă de la un etaj batimetric la altul.

Etajul bathial. Este mai bine cercetat, mai ales în Atlanticul de Nord. Populația acestui etaj este diversificată în raport de substrat. Astfel, substratul dur este populat cu o formațiune de corali profunzi, denumiți de unii autori „corali albi", cuprinzînd specii ca: *Lophelia prolifera, Madrepora oculata, Desmophyllum crista-galii.* Spongierii, hexactinelidele și briozoarele au numeroși reprezentanți în această zonă. Substratul mobil cuprinde echinoderme, crustacei, decapozi și pești.

Etajul abisal. Are o faună de hexactinelide, asteride, holotuiri și pelecipode (bivalve). Este puțin studiat.

Etajul hadal. Posedă cea mai redusă biomasă: actinii endemice bivalve, holoturii, izopode, amfipode și echinide. Populația de la adîncimi de 6—8 000 m a unor jghiaburi din Oc. Pacific este compusă, după E. Filatova, din *Spinula vitiazi* în proporție de 50%. În fosele Ins. Kurile, Y. A. Birstein (1959) identifică mai ales holoturii, în proporție de 50%, amfipode și izopode. Populațiile diferitelor jghiaburi diferă mult între ele.

Adaptările bentosului profund. Formele euribate și libere sînt dominante, aceasta datorită suportului, care este mai ales mobil (mîl). Există și forme fixe, dar mai ales înfundate în nămol cu un pivot sau cu anumite organe speciale (apendici). Penatularii posedă un fel de peduncul prevăzut cu o dilatație bazală. Formele libere posedă, de asemenea, organe adaptate pentru deplasarea pe substratul afînat. La acestea, suprafața de contact s-a aplatisat și a crescut mult în raport cu volumul corpului *(Psychroproctes),* iar apendicii s-au alungit exagerat la unele forme, ca la cele de *Picnogonidae.*

Modificările de natură fiziologică sînt mai numeroase și privesc procesul de mineralizare a oaselor, metabolismul și organele de simț. Cauza mineralizării defectuoase rezidă în solubilizarea carbonatului de calciu, iar prezența bioxidului de carbon contribuie la menținerea acestei stări prin formarea de bicarbonați. Metabolismul lent este însoțit de o depunere înceată a calciului. Nici siliciul nu se depune corespunzător necesităților. Spiculii sînt foarte fragili. Presiunea crescută, cu consecințe asupra solubilizării carbonaților și a creșterii concentrației în bioxid de carbon, pare a fi cauza principală a fenomenelor legate de mineralizare. La acestea se adaugă lipsa de vitamină D. Această stare ar provoca și malformațiile care se observă în scheletul peștilor abisali. Metabolis-

mul intermediar se desfășoară destul de lent. Pe seama acestui fenomen, unii autori caută să explice „gigantismul" animalelor abisale. Multe forme abisale au talia mult mai mare decît reprezentanții similari din zona superficială (tanaide, izopode). Cel mai mare crab cunoscut trăiește în apele adînci *(Geryon)*, ca și cel mai mare echinid *(Hygrosoma haplocanthus)*. Cauzele gigantismului nu sînt, totuși, bine precizate. Temperatura scăzută din abis încetinește metabolismul și ciclomorfoza. Maturitatea sexuală se atinge tardiv. O corelație între talie și profunzimea habitatului a fost semnalată de către Y. A. Birstein, care ajunge la concluzia că factorul principal ce determină creșterea taliei cu adîncimea este presiunea hidrostatică. Mai acceptabilă este însă părerea că talia crescută se datorează acțiunii conjugate a mai multor factori.

Organele de simț, în special ochii, fie că regresează, fie că se dezvoltă exagerat. Există și forme la care organele vizuale nu au suferit modificări sesizabile. Apendicele, și în special organele tactile, se hipertrofiază la majoritatea organismelor la care ochii au regresat. Unele decapode au apendici prevăzuți cu organe tactile și în partea posterioară. De asemenea, se consideră că decapodele posedă organe care percep vibrațiile. Organele luminoase sînt frecvent întîlnite la formele abisale.

Sursele de hrană sînt reduse. Detritusul organic și bacteriile care atacă acest detritus constituie principala sursă de alimentație. Sînt și răpitori între organismele abisale. Au survenit modificări de natură morfologică (cele fiziologice nu se cunosc) în structura aparatului digestiv. Gura la majoritatea peștilor abisali este enormă. Unii au stomacul dilatabil în raport de cantitatea de hrană aflată la dispoziție. Cu alte cuvinte, atunci cînd găsesc pradă sau detritus le ingeră și astfel își creează o rezervă (fig. 205). Multe forme sînt detritivore, ingerînd pelicula de detritus de proveniență superficială aflat în permanență la fund („filmul"). Ideea după care detritusul constituie într-adevăr sursa de hrană pentru animalele abisale este în prezent pe cale de a fi abandonată. Se consideră că detritusul organic este mai întîi transformat de către bacterii în materie vie bacteriană și că animalele, ingerînd detritusul, le consumă numai pe acestea (C. E. Zobell). S-a constatat că peste 30—40% din detritus este constituit din bacterii vii. Chiar și în gropile Filipinelor, numărul de germeni bacterieni este de $10^6/cm^3$ nămol. Ciclul vital rapid al bacteriilor ar asigura hrana necesară pentru biomasa bentonică abisală, apreciată de către Spark a fi de 1 g/m^2.

Sub raportul posibilităților de ingerare a hranei, organismele bentosului abisal sînt microfage, adică se hrănesc cu detritus mărunt sau grosier, selectînd sau nu hrana, și macrofage, adică utilizează ca hrană cadavrele altor organisme și răpitori; aceștia din urmă sînt mai puțini la număr.

Ciclul biologic al organismelor abisale, și în special hadale, este destul de puțin cunoscut. Unele forme depun ouă de talie mare, bogate în vitelus. Acestea se dezvoltă exclusiv în mediul abisal. Crustaceii mai ales depun ouă mici, care se ridică la suprafață, unde se produce ecloziunea și dezvoltarea pînă la stadiul de adult. Majoritatea formelor sînt însă vivipare (ophiuridele), incubatoare sau cu dezvoltare directă. În ce privește peștii, se crede că depun icre care se dezvoltă la suprafață.

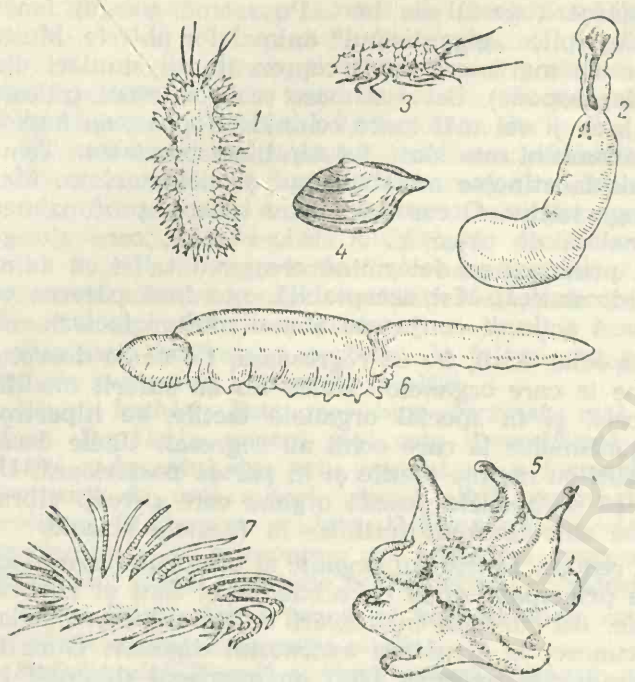


Fig. 205. Organisme abisale detritivore:

1 — Macellicephala (polichet); *2 — Echiuria viljasema ultraabisalis* (echiurid); *3 — Strothyngura* (isopod); *4 — Spinula calcar* (moluşc); *5 — Opisthoteuthis* (cefalopod); *6 — Psichropotes raripes* (holoturid); *7 — Oneirophanta alternanta* (holoturid).

Actualele forme abisale au multe particularităţi comune cu formele care trăiau la suprafaţă în trecutul îndepărtat. Decapodele din familia *Eryonidae* se aseamănă cu cele din jurasic şi cretacic. Crinoizii *Rizocrinus* şi *Bathycrinus* datează din eocen. De aici s-a tras concluzia că formele actuale abisale au trăit în aceste zone şi în epocile geologice îndepărtate. Acest lucru a fost posibil datorită constanţei mediului şi concurenţei reduse pentru hrană. O zonă situată la adîncimi variabile (400—2 000 m) pare a juca un rol „conservator", de unde a fost denumită şi zonă „paleozoică".

În ce priveşte originea formelor hadale, părerile sînt împărţite. Unii consideră că fauna marilor adîncuri provine din cea polară, migrînd odată cu curenţii de fund, care circulă de la cei doi poli spre ecuator. Peştele *Raja radiata* din abisul oceanic este asemănător cu *Raja hiperborea*. După alţii, actualele forme abisale ar proveni din cele ale bentosului litoral al mărilor temperate şi polare. Acestea au migrat după glaciaţiuni în adînc, datorită concurenţei. A. F. Bruun consideră că actualele forme abisale şi hadale provin din formele care au populat aceste zone înainte de glaciaţiune.

BACTERIILE MARINE

Bacteriile joacă un rol extrem de important în desfăşurarea circuitului materiei vii şi a celei lipsită de viaţă în bazinele marine şi oceanice. Datorită marii lor plasticităţi ecologice, multiplicării rapide atunci cînd

condițiile de mediu sînt favorabile, precum și rapidității cu care pot îmbrăca forme de rezistență, bacteriile s-au răspîndit pe toată adîncimea și suprafața mărilor. Adaptate atît condițiilor de aerobioză, cît și de anaerobioză, nutriției heterotrofe și autotrofe, bacteriile pot utiliza pentru biosinteze compuși organici simpli sau complecși, precum și substanțe anorganice. Energia, fie că o iau de la substratul pe care îl descompun, fie de la soare, o utilizează pentru construirea propriului lor edificiu protoplasmatic.

Cu ajutorul echipamentului enzimatic intern bacteriile intervin în reacțiile chimice și biologice din mediul marin, asigurînd circuitul biologic al materiei în acest mediu. La suprafața sau în interiorul depozitelor, bacteriile produc modificări chimice esențiale pentru diageneza sedimentelor marine.

Producătoare de materie organică pe seama energiei și a substanțelor răspîndite în mediul marin, bacteriile constituie, mai ales în unele regiuni adînci ale oceanelor, singura sursă de materie vie primară, prin aceasta contribuind la asigurarea hranei pentru organismele animale din abisul oceanelor.

TEHNICA DE CERCETARE ÎN BACTERIOLOGIA MARINĂ

În ceea ce privește morfologia germenilor, tehnica nu diferă în general de aceea utilizată în bacteriologie. Probleme mai deosebite se pun în legătură cu recoltarea probelor, mai ales din zona pelagialului. Pentru obținerea de bacterii din sedimente și depozite, se scot carote prin metodele amintite și apoi se examinează sau se însămînțează pe diverse medii de cultură. Probele din apele libere se localizează greu, existînd totodată pericolul de contaminare a acestora cu bacterii de la alte adîncimi.

Pentru obținerea de germeni pelagiali se utilizează dispozitive ca cel confecționat de M. Miguel, constînd dintr-un vas avînd un tub curbat și efilat la unul din capete. Tubul se rupe după dorință în momentul cînd atinge o anumită adîncime, iar apa pătrunde în interior împreună cu germenii bacterieni. F. A. Richard și J. Portier au imaginat un dispozitiv mai practic și mai ușor de manevrat înlăturînd totodată pericolul de contaminare cu germeni de la alt nivel decît cel dorit (fig. 206).

Metoda lamelor de sticlă este, de asemenea, curent folosită. Lamele de sticlă induse pe cele două fețe cu

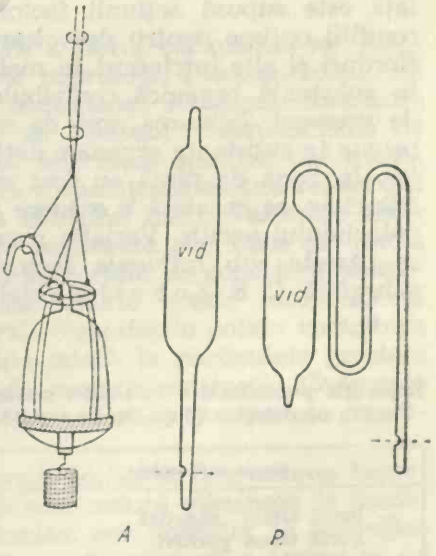


Fig. 206. Dispozitive pentru recoltarea bacteriilor marine:
A – dispozitivul Miguel; *B* – dispozitivul Portier.

un mediu de cultură se coboară cu ajutorul unui dispozitiv la adîncimea dorită, unde se lasă un anumit timp pentru ca bacteriile să adere la substrat; după scoatere se examinează la microscop.

Cele mai concludente experinţe privind activitatea bacteriană au fost efectuate în laborator. În acest scop, germenii recoltaţi se cultivă în anumite medii şi se urmăreşte acţiunea lor asupra diverşilor compuşi, în condiţii de temperatură şi chiar de presiune asemănătoare cu cele din mediul natural. De obicei se utilizează flacoane cu apă de mare scoasă de la nivelul de la care provin germenii bacterieni respectivi. În lipsa acesteia, se utilizează anumite medii de cultură artificiale. Prezentăm mai jos două astfel de medii preparate de C. E. Zobell;

— *microfloră total aerobă:* bacto-peptone 5 g; fosfat feric 0,1 g; apă de mare: 1 000 cm^3; $pH = 7,2$;

— *microfloră reducătoare* de sulfaţi: lactat de sodiu 60%, 25 cm^3; extract de drojdie 1 g; sulfat de magneziu 2 g; fosfat dipotasic 0,01 g; clorură de sodiu 10,0 g; apă distilată 1 000 cm^3; $pH = 7,2$.

GRUPELE MORFOLOGICE DE BACTERII ŞI RĂSPÎNDIREA LOR

Majoritatea bacteriilor răspîndite în masa apei bazinelor oceanice aparţin la speciile Gram negative şi sînt, în general, mobile (tab. 29). Genurile mai frecvent întîlnite aparţin grupelor *Pseudomonas, Vibrio, Flavobacterium* şi *Acromobacterium.* Sub raportul numărului de genuri şi specii, mediul marin este incomparabil mai sărac decît mediul dulcicol şi aerian. Repartiţia în cele două mari sectoare ale oceanelor este, de asemenea, foarte inegală. Astfel, în pelagial, flora bacteriană de suprafaţă este supusă acţiunii factorilor de mediu. Pelagialul neritic oferă condiţii optime pentru dezvoltarea florei bacteriene, mai ales în golfuri, fiorduri şi alte intrînduri în mal, cu ape liniştite şi adesea calde. Bogăţia în substanţă organică contribuie la creşterea vertiginoasă a numărului de germeni. Poluarea apei de mare prin deversarea unor ape reziduale bogate în substanţe organice determină, de asemenea, înmulţirea bacteriilor. În zona de plajă au fost evidenţiaţi şi bacteriofagi. În raport de adîncime, se constată o scădere a numărului de germeni chiar în cadrul pelagialului neritic. Variaţia numărului de bacterii pe unitatea de volum se găseşte sub influenţa factorilor sezonieri. În prizele din apele de suprafaţă, C. E. Zobell şi colab. au evidenţiat:

— în luna iunie: 87—63 bacterii/cm^3;

— în luna iulie: 206—282 bacterii /cm^3;

— în luna august: 48—27 bacterii/cm^3.

Măsurătorile se referă la zona din Oc. Pacific din dreptul coastei Californiei. Numărul de germeni scade puternic cu adîncimea. P. Portier constată că sub

Tabelul 29

Repartiţia procentuală a bacteriilor marine pe grupe morfologice (după Brisou, 1955)

Grupa morfologică:	%
— bacili Gram negativi	94,6
— bacili Gram pozitivi	1,2
— bacili Gram neprecizaţi	0,9
— coci	2,8
— alţi germeni	0,5

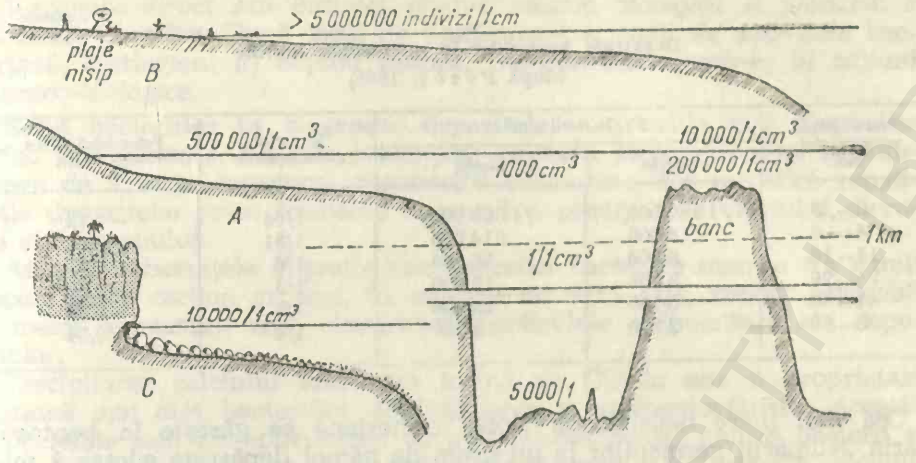


Fig. 207. Răspîndirea bacteriilor:
A — în mediul marin; *B* — pe plaje; *C* — în zona falezei.

500 m adîncime în apele pelagialului bacteriile sînt rare, iar sub 1 000 m se mai găsește 1 germen la 25 cm^3 apă. Spre fundul bazinului, numărul germenilor crește din nou. Factorii care influențează asupra distribuției bacteriilor în pelagial sînt numeroși. Cu cît distanța de la țărm crește, numărul de germeni scade. În zona oceanică adesea nu se găsesc mai mult de 250 germeni/cm^3 apă pe cînd în apropierea țărmului uneori se numără pînă la 500 000 bacterii/cm^3 (fig. 207). Marea Sargasselor face o excepție și sub acest raport, numărul de germeni fiind doar de 1 000/cm^3.

Poluarea determină creșterea cantitativă a florei bacteriene, iar insolația acționează bactericid în sectorul de suprafață. Fitoplanctonul, de asemenea, limitează dezvoltarea florei bacteriene. Maximul fitoplanctonic corespunde cu minimul bacterian, iar declinul fitoplanctonic cu maximul bacterian. Presiunea hidrostatică selectează speciile, dar nu limitează numărul de germeni. Temperatura influențează asupra repartiției lor. Astfel, formele criofile se găsesc la adîncimi mari. Variațiile sezoniere ale numărului de germeni în apele temperate sînt puse pe seama temperaturii. Optimul pentru dezvoltarea bacteriilor se consideră temperatura cuprinsă între 18—25°C. Cele mai multe specii însă suportă variații de temperatură de cel puțin 10°C. Suprafețele solide contribuie la dezvoltarea florei bacteriene. Bacteriile aderă la particulele grosiere dispersate în apă sau la fragmentele de materie organică. Cadavrele oferă un substrat optim de activitate pentru flora bacteriană și constituie suprafața de fixare.

Prin substanțele ectocrine, fitoplanctonul limitează dezvoltarea bacteriilor. Substanțele litice, antibiotice și de altă natură eliminate în mediu de către plante mai ales joacă, de asemenea, rol limitator în dezvoltarea florei bacteriene. Acțiunea limitativă sau favorizantă a factorilor de mediu asupra planctonului se repercutează în același sens și asupra florei bacteriene.

Tabelul 30

Repartiția bacteriilor în sedimentele marine
(după P é r è z, 1965)

Profunzimea sedimentului (cm)	Nr. bacterii g/mîl:		Raportul anaerob/aerob	Potențialul redox (în volți)
	anaerobe	aerobe		
0— 3	1 160 000	74 000 000	1/64	—0,12
4— 6	14 000	314 000	1/31	—0,29
14—16	8 000	56 000	1/6	—0,37
24—26	3 100	10 000	1/3	—0,32
44—46	5 700	28 000	1/5	—0,37
66—68	2 300	4 200	1/2	—0,34

Cea mai mare densitate a florei bacteriene se găsește în bentosul marin. Numărul germenilor la un gram de nămol depășește adesea 1 milion, ceea ce ar corespunde la 0,3—2 mg de substanță organică bacteriană la un gram de mîl. Maximul de densitate bacteriană se măsoară la nivelul de separație apă — sediment. Pelicula fină superficială de mîl oferă pentru bacterii condiții optime de activitate în ceea ce privește materia organică. În profunzimea sedimentului, numărul de germeni scade, iar raportul dintre cei aerobi și anaerobi se modifică în favoarea celor doi din urmă.

Se constată mai ales o creștere a raportului dintre bacteriile anaerobe și aerobe, pe măsura adîncirii în sediment. Lipsa de oxigen este, mai ales, cauza limitării răspîndirii în adîncimea sedimentelor a germenilor aerobi. Un alt factor limitant se pare a fi și potențialul oxido-reducător (tab. 30).

Tipul de sediment influențează, de asemenea, asupra aglomerării bacteriilor. Sedimentele formate din nisip grosier sînt sărace în germeni, pe cînd cele din nisip fin, nămol, mîl cu argilă și detritice sînt foarte bogate în bacterii. Mai ales gradul de bogăție în materie organică este hotărîtor pentru creșterea numerică a florei bacteriene. Potențialul redox influențează și asupra longevității bacteriilor. În ceea ce privește bentosul, cercetările nu au putut evidenția o corelație între adîncime, depărtarea de țărm și numărul de germeni. În abisuri, ca și în zona bentosului neritic, numărul de germeni este în raport direct cu materialul sedimentat, mai ales organic.

ACTIVITATEA BACTERIANĂ ÎN MĂRI

Bacteriile marine, prin acțiunea lor asupra tuturor compușilor organici din sedimentele și apele libere, joacă rolul principal de readucere sub formă minerală a acestora. Fără această activitate, presupunînd că celelalte cicluri biologice ar continua cu intensitatea caracteristică, în mări și oceane s-ar fi acumulat cantități imense de materie organică. Dar bacteriile, reducînd substanțele organice și eliberînd în mediu substanțe minerale, asigură plantelor fotosintetizante bioelementele necesare procesului de sinteză primară a materiei organice. Prin aceasta, *bacteriile*

influențează direct sau indirect productivitatea biologică și piscicolă a bazinelor acvatice. După locul de desfășurare și tipul de activitate bacteriană, distingem: *a)* acțiuni asupra depozitelor marine; *b)* acțiuni chimico-biologice.

Rolul bacteriilor în diageneza depozitelor. Bacteriile sînt răspîndite adînc în sedimente. Au fost evidențiați germeni bacterieni pînă la adîncimea de 9 m în interiorul depozitelor submarine. Ele modifică constituția depozitelor prin: formarea humusului, precipitarea calciului, fierului și manganului.

Atacînd substanțele organice din depozite, bacteriile mențin un anumit raport între carbon și azot, în valoare de 8/1—12/1, raport favorabil formării humusului care cimentează particulele sedimentare ale depozitelor.

Precipitarea calciului ionic sub formă de CO_3Ca este o proprietate comună mai ales bacteriilor denitrificante și sulforeducătoare. Această proprietate este un epifenomen de metabolism pentru multe bacterii și nu o fază fiziologică legată de specie. Ca urmare a precipitării calciului ionic, depozitele se îmbogățesc în calcar, iar în anumite regiuni bacteriile dau naștere la formațiuni cretoase. O astfel de formațiune este „creasta de cretă" din dreptul Peninsulei Florida. Bacteria se înconjoară cu un strat de calcar și, devenind grea, cade la fund, formînd prin aglomerare adevărați masivi de cretă. Acțiunea bacteriană de insolubilizare a calciului se petrece și în interiorul depozitelor. Este de remarcat faptul că aceste bacterii au capacitatea de a insolubiliza chiar calciul organic. Ionii de fier și mangan din compușii lor solubili sînt oxidați de către bacterii și transformați în oxizi insolubili, care dau naștere la concrețiunile feromanganoase de pe fundul oceanelor (Oc. Pacific), concrețiuni care se exploatează pentru obținerea manganului metalic.

Acțiunile chimico-biologice. Spre deosebire de grupa de acțiuni descrisă mai sus și localizată în bentos și sedimente, acțiunile chimico-biologice se desfășoară la toate nivele topografice ale oceanului. După modul în care obțin energia necesară pentru sinteze organice proprii, bacteriile sînt fie autotrofe, fie heterotrofe. Autotrofele utilizează energia solară pentru sinteze. Acestea conțin pigmenți asimilatori și sînt localizate în zona fotică. C. E. Zobell consideră că peste 69% din bacteriile marine conțin pigmenți diverși colorați. Unele posedă pigmenți de culoare galbenă, altele de culoare portocalie, brună, roșie, verde și fluorescent-verzuie. În culturi au putut fi evidențiați toți acești pigmenți. Bacterioclorina se consideră a fi analogă clorofilei. Bacteriile autotrofe fotosintetizante, posedînd pigmenți, pot sintetiza cu ajutorul luminii. Cele mai multe autotrofe sînt însă chimiosintetizante. Acestea obțin energia necesară sintezei bacteriene din reacțiile chimice proprii. Heterotrofele constituie gruparea cea mai numeroasă de bacterii și cea mai larg răspîndită în mări. Ele obțin energia necesară proceselor de sinteză din procesele de descompunere a substratului organic; aparțin atît grupării aerobe, cît și celei anaerobe. Prin acțiunea lor, aceste bacterii asigură circuitul carbonului, azotului, fosforului și sulfului în mări.

Acțiuni asupra compușilor cu carbon. Bacteriile preiau carbonul mineral sub formă de CO_2 din mediul înconjurător și, alături de NH_3, îl utilizează în sinteza de substanțe proteice. Dar și bacteriile produc CO_2

în procesele catabolice sau în urma descompunerii resturilor organice. În prezența unui donator de hidrogen și a luminii solare, bacteriile fotosintetizante din mări produc glucide. Fenomenul se petrece astfel:

$$2CO_2 + 2H_2O \xrightarrow[(H_2S)]{(lumină)} 2(CH_2O) + SO_4H_2$$

Trei mari grupe bacteriene utilizează procesul de mai sus, pentru producerea de glucide, și anume:

— *thiodaceele,* care posedă în celulă pigment roșu;
— *athiorodaceele;*
— *clorobacteriaceele,* care utilizează ca donator H_2S.

O mare grupă de bacterii heterotrofe acționează asupra substanțelor ternare, descompunîndu-le pînă la faza de bioxid de carbon, metan și apă. În anaerobioză mai pot apare și o serie de alte hidrocarburi. Bacteriile marine au o acțiune discretă dar continuă asupra glucidelor, procesul terminîndu-se prin remineralizarea totală și reîncorporarea sub formă de substanță organică bacteriană. Se cunosc multe grupe de bacterii care atacă hidrații de carbon simpli sau polimerii acestora din apele marine. Asupra celulozei acționează genul *Cytophaga,* atacînd chiar firele plaselor de pescuit din celuloză. Celuloza este descompusă în glucoză și celobioză, iar în continuare aceasta din urmă pînă la faza de glucoză. În condiții de aerobioză, multe bacterii atacă glucoza și o descompun pînă la faza de CO_2 și H_2O. O floră specială poate ataca produșii incomplet degradați ai glucidelor, în urma cărora rezultă hidrocarburi mai complexe. Celuloliza mai poate fi efectuată și de *Pseudomonas, Flavobacterium, Vibrio,* dintre aerobe, și *Perminosporus* și *Plectridium,* dintre anaerobe. Lignina, deși atacată mai greu, este descompusă după formarea unui complex lignino-sulfat în CO_2, metan și hidrogen sulfurat. C. E. Zobell a evidențiat fenomenul de descompunere a ligninei în depozitele submarine. De asemenea, fitoplanctonul marin este relativ bogat în lignină. Speciile *Cladothrix cromogenes* și *Pseudomonas fluorescens* au cea mai puternică acțiune asupra ligninei.

Mediul marin este bogat în substanțe chitinoase. Chitina este prezentă atît în depozitele marine, cît și în depunerile curente. Ea este atacată de către *Bacillus chitinovorus,* bacterie izolată pentru prima dată în anul 1905 din apele golfului Kiel. Mai atacă chitina și specii aparținînd genului *Seratia* și *Chromobacterium.*

Grăsimile sînt și ele descompuse atît de germeni aerobi cît și anaerobi. Decarboxilarea acizilor grași duce la formarea de *hidrocarburi.* Bacteriile aerobe lipolitice se consideră că au un rol important în formarea uleiurilor minerale din zăcămintele petrolifere. Produșii rezultați în urma activității bacteriilor lipolitice sînt numeroși, cei mai importanți fiind acizii grași simpli (propionic), metanul și CO_2. Pînă în prezent au fost identificate 13 genuri de bacterii lipolitice din mări, iar dintre acestea cele mai active sînt genurile *Sarcina, Vibrio, Seratia.* Asupra hidrocarburilor rezultate din descompunerea substanțelor ternare acționează specii aparținînd genurilor *Pseudomonas, Microsporum* și *Actinomyces.*

Acțiuni asupra compușilor cu azot. Bacteriile marine au o acțiune atît de fixare cît și de eliberare a azotului din compușii organici. Fixarea

azotului se realizează de către bacteriile anaerobe fixatoare de azot, aparținînd ordinului *Azotobacteriales*. Energia necesară procesului este obținută pe seama descompunerii substanțelor organice. În apele adînci, *Clostridium pasteurianum* fixează azotul liber. La 1 gram de carbon revin 10—12 mg azot fixat în 48—72 ore. Unele specii fotosintetizante (*Rhodospirillium rubrum*) fixează azotul molecular, la fel hidrogenbacteriile.

Amonificarea este un proces puțin cunoscut. Are loc atît în cazul descompunerii substanțelor organice cu azot, cît în fixarea azotului molecular. Producerea amoniacului poate avea loc atît pe cale aerobă cît și anaerobă. În aerobioză, reacția se petrece astfel:

$$R-CHNH_2-COOH + {}^1/_2O_2 \rightarrow R-CO-COOH + NH_3$$

iar în anaerobioză:

$$R-CHNH_2-COOH + H_2 \rightarrow R-CH_2-COOH + NH_3$$

În acest din urmă caz, un acid aminat joacă rol de acceptor de hidrogen. Amoniacul poate folosi ca sursă de azot pentru sinteza de proteine la unele bacterii autotrofe. Prin oxidare, amoniacul poate fi transformat de către *Nitrosomonas* în acid azotos, conform reacției:

$$2NH_3 + 2O_2 \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O + H_2 + E$$

Reacția fiind exotermă, energia eliberată este de ordinul a 59 400 cal la 25°C.

Nitrificarea este procesul prin care acidul azotos este oxidat la forma de acid azotic, cu formare de azotați în prezența metalelor, azotații constituind termenii finali ai procesului de remineralizare a compușilor organici cu azot, conform reacției:

$$NO_2H + H_2O \rightarrow NO_3H + H_2$$

Reacția endotermică se produce sub acțiunea genului *Nitrobacter*, izolat din apa mării, cît și din depozite.

Denitrificarea este procesul invers nitrificării și are ca rezultat eliberarea de azot molecular. În acest sens acționează atît germeni aerobi cît și anaerobi care, prin reduceri succesive, eliberează azotul. Speciile de *Thiobacillus denitrificans și Hidrogenomonas agilis* acționează în acest sens. Substratul procesului îl poate constitui oricare din compușii cu azot.

Acțiunea bacteriilor asupra compușilor cu fosfor. Fosforilaza captează fosfatul din mediu, fosfotransferaza îl transportă la substanța organică, izomeraza intervine în transformarea produsului fosforat, iar sub acțiunea fosfatazei gruparea fosfatică poate fi eliberată sub formă de fosfat anorganic. Acest ciclu se petrece în mări. Bacteriile posedă întregul echipament enzimatic pentru asigurarea lui. Plantele și animalele conțin fosfor sub formă anorganică și organică. Zooplanctonul mai ales este foarte bogat în fosfor. După moarte organismele, în special cele unice-

lulare, eliberează rapid fosforul. Bacteriile intervin în punerea lui în libertate, mai ales din produșii organici. Diatomeele în cultură sterilă nu eliberează fosfor.

Fosforul se eliberează destul de rapid în mediu. Produșii eliberați sînt atît solubili cît și insolubili. Bacteriile joacă un rol important în solubilizarea compușilor cu fosfor prin acidifierea mediului. Intensitatea maximă a ciclului fosforului se petrece mai ales în zona eufotică.

Acțiunea bacteriilor asupra compușilor cu sulf. În apa mărilor sulful se găsește atît sub formă anorganică cît și organică. Sub formă anorganică se găsește ca sulfați, tiosulfați, tetrationați. Bacteriile acționează atît asupra sulfului anorganic, cît și asupra celui organic, pe care îl transformă în diverși produși. În raport cu modul de acțiune și produșii rezultați, bacteriile care acționează asupra sulfului se împart în: *a)* sulfat-oxidante; *b)* sulfat-reducătoare.

Bacteriile sulfat-oxidante sînt autotrofe: oxidînd sulful elementar sau hidrogenul sulfurat, obțin energia necesară propriilor procese celulare. Unele oxidează hidrogenul sulfurat și pun în libertate sulf molecular (genul *Thiobacillus*), conform reacției:

$$SH_2 + {}^1/_2O_2 \rightarrow S + H_2O + E$$

Altele acționează asupra sulfului elementar și îl oxidează pînă la stadiul de sulfat:

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2SO_4H_2 + E$$

În apele mărilor cu vegetație abundentă, bacteriile autotrofe saprofite, capabile să oxideze tiosulfații și alți compuși, obțin astfel energia necesară proceselor de sinteză celulară.

Bacteriile sulfat-reducătoare, anaerobe, atacă compușii oxidați ai sulfului și îi transformă în hidrogen sulfurat, după reacția:

$$4H_2 + CaSO_4 \rightarrow H_2S + Ca(OH)_2 + 2H_2O + E$$

Energia care se eliberează în acest caz este utilizată pentru sinteze bacteriene. Îndeosebi grupul *Thiobacteriales* acționează în acest sens. *Spirovibrio* utilizează fierul drept substrat și rezultă sulfură de fier și hidrat de calciu, în reacție intrînd și carbonatul de calciu. Bacteriile asigură prin procese succesive de oxidare și reducere circuitul sulfului în mări și oceane.

Acțiuni bacteriene asupra fierului. Vinogradskia studiat influența bacteriană asupra circuitului fierului din apele marine. Asupra fierului acționează atît bacteriile specializate, cît și cele nespecializate. Grupa de bacterii specializate oxidează fierul feros în fier feric cu formarea unui precipitat de hidroxid de fier. Grupa a doua de bacterii antrenează modificări în compoziția apei, modificări care facilitează solubilizarea fierului metalic. Ele constau din declanșarea unor modificări ale potențialului de oxidoreducere. Descompun produșii organici cu fier și modifică *pH*-ul prin intermediul bioxidului de carbon. Creșterea concentrației de bioxid de carbon facilitează dizolvarea compușilor feroși, iar scăderea o îngreuiază.

Efectul bacterian. Efectele produse de bacterii în mediul marin sînt numeroase. Cele mai importante se rezumă însă la efectul de minerali-

zare a substanțelor organice. O grupare a tuturor efectelor este dificilă, dar vom încerca să le rezumăm pe cele mai importante:

1. Descompunerea tuturor substanțelor organice pînă la stadiul de compuși anorganici asimilabili sau toxici în unele cazuri. Se știe că în protoplasma bacteriilor raportul dintre C, N, P este de 45 : 9 : 2, deci bacteriile au nevoie de 4—5 ori mai mult azot decît fosfor. Aceste elemente le iau din apă, unde apar tot în urma unor acțiuni bacteriene. Tot din apă iau și carbonul. Marea majoritate a bacteriilor utilizează pentru sinteze proteice energia eliberată în urma acțiunii acestora asupra materiei organice sau minerale. Bacteriile constituie marea grupă a chemosintetizantelor deci a acelor producători primari care folosesc alte surse de energie decît plantele verzi (lumina).

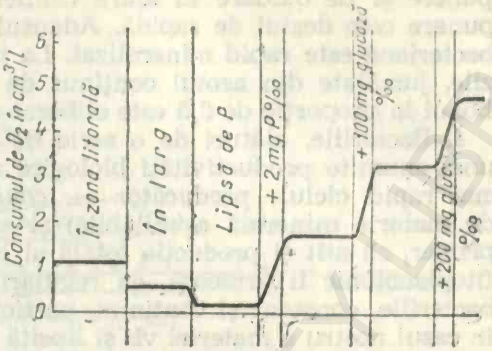


Fig. 208. Consumul de oxigen al bacteriilor în funcție de fosfor și glucoza din mediul de incubație.

2. Consumul de oxigen al bacteriilor oxidative este important și are consecințe ecologice însemnate. Cantitativ, consumul de oxigen variază după specie și temperatura mediului. Un gram de bacterii consumă în medie 30 cm^3 oxigen pe oră, la temperatura de 22°C. Comparativ cu al animalelor marine, care este de 1 cm^3/oră, consumul de oxigen al bacteriilor este foarte mare. Acesta indică și o activitate biologică intensă, atît sintetizantă, cît și de mineralizare a compușilor organici. Dar consumul de oxigen crescut, mai ales în zonele unde împrospătarea acestuia se face greu, are consecințe nefavorabile asupra populațiilor de animale. Zona de la adîncimea de 400—1 000 m este cea mai săracă în oxigen, datorită unor astfel de procese și totodată cea mai săracă în organisme animale. Consumul de oxigen al bacteriilor este, în medie, de 1 cm^3/litru/oră în zona litorală și de 0,5 cm^3/litru/oră în apele de larg. Acest consum este dependent și de procesele metabolice proprii. Dacă din apă se reduce pînă la dispariție fosforul, consumul de oxigen al bacteriilor poate scădea pînă aproape de zero. Asemenea fenomene se produc de obicei primăvara, cînd fosfații scad consecutiv cu maximul fitoplanctonic. Adausul de fosfor în asemenea condiții duce la creșterea consumului de oxigen. De asemenea, consumul de oxigen al bacteriilor crește în urma adausului de glucoză (fig. 208). Dezvoltarea bacteriană este dependentă și de rezervele de azot din soluție. Experiențele au demonstart, mai ales pe culturi, necesitățile proporționale de oxigen, azot, fosfor și bioxid de carbon pentru sinteza bacteriană.

3. Substanțele rezultate în urma proceselor bacteriene de oxidare și reducere, cît și cele rezultate din sinteze bacteriene pot ajunge în mediu, unde iau căi diferite. Cele rezultate din descompunerea substanțelor organice de cele mai multe ori sînt utile proceselor de fotosinteză; cele rezultate din sinteze bacteriene adesea continuă procesele de descom-

punere și de oxidare în afara celulei bacteriene. Acțiunea de descompunere este destul de rapidă. Adausul de zooplancton mort la o cultură bacteriană este rapid mineralizat. La temperatura de 20°C, în timp de 19 zile, jumătate din azotul conținut de cadavre este mineralizat, iar carbonul în proporție de 2/5 este eliberat sub formă de CO_2.

4. Bacteriile, alături de o serie de alți factori, intervin în asigurarea unei anumite productivități biologice a bazinelor marine. Cu cît decurge mai rapid ciclul: *producător* → *consumator* → *reducător* (sub formă de materie minerală asimilabilă) și se ajunge din nou la producătorul primar, cu atît și producția totală al bazinului este mai mare. Declinului fitoplanctonic îi urmează, cu regularitate, un maximum bacterian, deci bacteriile, constant și continuu, participă la circuitul materiei în natură, în cazul nostru a materiei vii și lipsită de viață din mări.

5. Bacteriile joacă rolul principal în cadrul agenților biologici care intervin în transformarea chimismului mării, în menținerea echilibrului dinamic al acestuia.

6. În apele adînci, lipsite de lumină, bacteriile chimio-sintetizante constituie singura sursă de producție organică primară. Ele contribuie în mod esențial la hrănirea animalelor abisale.

Bacteriologia marină este un capitol relativ recent al hidrobiologiei, aflat în plină dezvoltare. Viața din mări nu se poate menține și perpetua fără bacterii. Datorită acestui fapt, *studiul bacteriologic al mărilor este una dintre cele mai importante preocupări pentru oceanologia viitorului.*

Capitolul XIV

MEDIUL SALMASTRU

Termenul de s a l m a s t r u derivă de la cuvîntul latinesc *salmacidus*, care definește un gust apropiat de gustul apei de mare. Desigur, un asemenea criteriu nu poate fi folosit pentru definirea unei anumite categorii de apă.

Se admite, în general, că apa salmastră, sub raportul conținutului global în săruri, se situează între apa dulce, care conține săruri minerale de ordinul miligramelor (cel mult 0,5 g/l), și apa marină propriu-zisă, avînd un conținut global în săruri cuprins între 30—40 g/l. Domeniul apelor sărate se întinde însă și peste valoarea concentrației de 40 g/l, unele bazine interioare avînd chiar concentrații de ordinul sutelor de grame la litrul de apă. Această categorie de ape constituie domeniul apelor *hiperhaline*.

CLASIFICAREA ȘI CARACTERISTICILE MEDIULUI SALMASTRU

În decursul timpurilor s-a încercat de către mulți autori să se clasifice acest mediu. Criteriile utilizate se bazau fie pe salinitatea globală a apelor, fie pe o serie de aspecte particulare privind stabilitatea și insta-

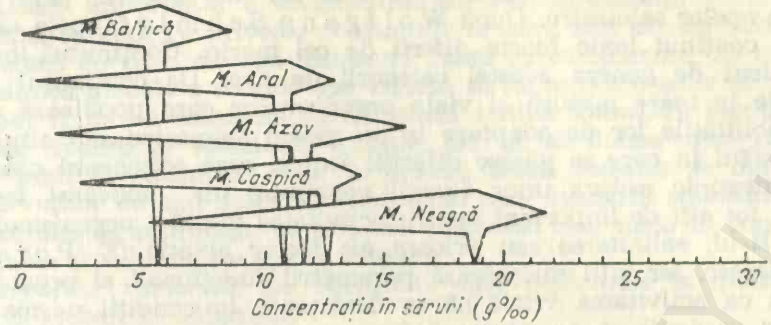


Fig. 209. Salinitatea cîtorva bazine salmastre (după Zenkevici).

bilitatea unor factori abiotici și biotici ai acestor ape. Limitele dintre termenii care delimitează în cadrul ansamblului salmastru diferitele categorii de ape sînt, de asemenea, puțin precizate.

Clasificarea realizată în urma discuțiilor din cadrul Simpozionului Internațional de la Veneția (1958) încadrează apele salmastre în categoria apelor *mixohaline*, care cuprind trei subdiviziuni, și anume: *a) polimixohaline*, avînd 30—18 g săruri la litru; *b) mezomixohaline* cu 18—6 g/l; *c) oligomixohaline* cu 6—1 g/l.

În cadrul discuțiilor, numeroși participanți au susținut că o clasificare numai pe baza unui singur criteriu, și anume cel al salinității globale (fig. 209), nu este satisfăcătoare. S-au propus o serie de criterii ajutătoare, de natură fizico-chimică și biologică. Criteriul floristico-faunistic este, de asemenea, insuficient pentru clasificarea apelor salmastre. În bazine cu salinitate identică, cu variații identice ale conținutului în oxigen și cu același bilanț termic, componentele floristice și faunistice pot varia destul de mult. L. A. Zenkevici ajunge la concluzia că fiecare bazin salmastru se poate caracteriza prin trăsături specifice de salinitate, temperatură, conținut de oxigen, *p*H, floră și faună. Pentru înțelegerea unui astfel de bazin în ansamblul său, trebuie studiată și evoluția sa geologică.

G. Petit și D. Schachter, cercetători francezi ai apelor salmastre din zona litoralului Mării Mediterane, au constatat că una din principalele caracteristici ale apelor salmastre de aici este variația salinității atît la suprafață cît și în adîncime. Dacă la această caracteristică se adaugă și fenomenul de adaptare activă, adică pătrunderea continuă în acest mediu a unor elemente faunistice noi, rezultă că nici criteriul biologic nu este suficient pentru caracterizarea apelor salmastre. Autorii de mai sus deduc că una din cele mai constante diferențieri ale bazinelor salmastre o constituie natura sărurilor ce intră în compoziția salină globală; în special conținutul în săruri de Ca, Mg, N și P poate constitui o caracteristică pentru un anumit bazin salmastru. Variații mari în astfel de săruri se constată mai ales în lacurile litorale din zona studiată. Autorii ajung la concluzia că o clasificare pe baza unui singur criteriu nu este posibilă și că lista formelor de organizare caracteristice este necesară pentru o clasificare mai bună.

Criteriul compoziției ionice pare a fi cel mai adecvat pentru clasificarea apelor salmastre. După W o l f g a n g S c h m i d t, apele salmastre au un conținut ionic foarte diferit de cel marin. Conținutul ionic este dependent de geneza acestei categorii de ape. De conținutul în ioni depinde în mare măsură și viața organismelor care populează apa, cît și posibilitățile lor de adaptare la un mediu salmastru sau altul.

Raportul în care se găsesc diferiții ioni și care acționează convergent sau antagonic asupra unor funcții constituie un adevărat factor de mediu, tot atît de important pentru activitatea vitală a organismelor cum este *p*H-ul, salinitatea sau oricare alt factor abiotic (E. P o r a). Unii ioni măresc, iar alții micșorează parametrii funcționali ai organismelor. Pentru ca activitatea vitală să se desfășoare în condiții normale, este necesar ca ionii să se găsească într-un anumit raport valoric, numit *rhopie*, de valoarea căruia depinde realizarea unei anumite funcții și, deci, viața organismelor în mediu salmastru (E. P o r a).

În clasificarea apelor salmastre, acest factor — compoziția ionică — trebuie să aibă un loc bine definit. Pe această bază se pot explica cel mai adecvat diferențele floristice și faunistice dintre mediile salmastre care au aceeași compoziție salină globală. Bineînțeles, trebuie avut în vedere mai ales acele raporturi ionice care au o influență determinantă asupra organismelor vii.

Apele salmastre se întîlnesc în natură destul de inegal răspîndite, în raport de condițiile care le dau naștere. Poate fi considerată salmastră apa golfurilor, a estuarelor și a lagunelor marine, dacă fluctuațiile de salinitate sînt relativ mari; anumite sectoare deltaice și predeltaice, lacurile litorale, limanele (lacurile sărate interioare nu intră în această categorie de ape). Ca întindere, datorită existenței unor mări de tip salmastru (vezi fig. 209), mediul salmastru depășește pe cel dulcicol luat în ansamblul său.

După originea lor, apele salmastre pot fi încadrate în mai multe categorii, și anume:

Ape salmastre de tip marin. Prin astfel de ape se înțeleg cele care provin din apa marină îndulcită prin aport exterior de apă mai puțin bogată în săruri minerale. Apa de mare se amestecă treptat cu apa dulce provenită din fluvii (estuare, lagune, limane) sau cu apa din precipitații. Ploile abundente din zona ecuatorială, sau zăpezile ce cad în cantități mari în regiunile subpolare, pot contribui la îndulcirea apei de suprafață în regiunile respective. Apa de precipitație, aproape total lipsită de săruri, diluează într-o anumită măsură apa de mare, fără să modifice substanțial raporturile ionice. Diluția apei de mare poate fi realizată și prin izvoarele freatice ce se deschid în mare sau a unor ape curgătoare foarte puțin mineralizate.

Ape salmastre de tip geologic sau de zăcămînt. Sînt acelea care se acumulează din izvoare sau precipitații în zone bogate în zăcăminte de tip sedimentar. Prin dizolvarea rocilor, aceste ape se încarcă cu substanțe minerale, uneori în cantități foarte mari, dar de obicei cu predominarea unei singure sări (de exemplu, clorura de sodiu etc.).

Ape salmastre de evaporație. Sînt localizate în regiuni aride lipsite de precipitații, mai ales vara, cu insolație puternică și de lungă durată. Evaporația determină nu numai o concentrație în săruri minerale, dar și

o schimbare importantă a conținutului în ioni dominanți. De obicei, aceste ape, în ceea ce privește conținutul în ioni, sînt de tip sulfatat.

Indiferent de tipul de apă salmastră luată în considerare, se constată că salinitatea globală a acestor ape variază în raport de o serie de factori. În primul rînd, s-a constatat că nu există bazine salmastre identice din punct de vedere al salinității globale, iar în al doilea rînd că apar variații mari de salinitate chiar în același bazin. Acestea se datorează:

— *curenților de apă dulce* sau îndulcită, care modifică salinitatea globală mai ales la suprafață, pe arii mai mari sau mai mici, în funcție de intensitatea și volumul de apă în mișcare;

— *curenților vectoriali* (pe verticală), care contribuie la modificarea salinității globale în adîncime;

— *maselor de apă dulce* care se deversează în bazin, *vitezei lor de scurgere* la contactul apei dulci cu apa marină, care determină o stratificare caracteristică unor ape cu izohalinii diferite la nivele diferite;

— unor *variații locale* în cursul unei singure zile în raport de sezon;

— *proporțiilor în care se face amestecul* de apă dulce cu apa sărată: în cazul că predomină apa dulce, se obține o apă salmastră de tip *mixooligohalin*, iar cînd predomină apa de mare se obține apă salmastră de tip *mixopolihalin*. Cînd proporțiile sînt egale rezultă apă salmastră de tip *mixomezohalin*. Cum însă, cantitativ, aportul de apă dulce variază foarte mult în decursul unui an și chiar de la un an la altul, rezultă că și proprietățile saline ale apei bazinului vor suferi variații extrem de largi în raport de aceste situații specifice.

Consecutiv amestecului de ape dulcicole și marine, se produc nu numai *modificări de salinitate*, ci și *modificări ale componenței* ionice a apei rezultate. În orice caz, compoziția ionică nu reflectă suma medie a ionilor ce compuneau cele două categorii de ape. Rezultă, consecutiv amestecului, și *schimburi ionice*, care duc la un nou echilibru a maselor aflate în contact. În urma amestecului de ape se produc două categorii de modificări ionice, și anume: *a)* o serie de ioni nu se modifică din punct de vedere al raportului dintre ei (Na, K, Cl, Mg); *b)* raportul dintre unii ioni și alții se modifică prin diluare cu apă dulce.

În general, concentrația apei în ioni de calciu crește datorită faptului că apele dulci aduc o mare cantitate din acest ion, restul ionilor fiind slab reprezentați sau chiar lipsind din apele dulci. Aportul de substanțe minerale prin apele care se varsă în mediul salmastru nu rămîne fără consecințe pentru acestea. Consecințele depind de ionii care sînt aduși, de cantitatea lor și de posibilitățile acestora de a efectua schimburi cu ionii existenți în apa salmastră.

Din datele prezentate mai sus se desprind cîteva concluzii care definesc caracterul complex al mediului salmastru în ansamblul său, și anume:

1. Apele salmastre prezintă o largă variabilitate a salinității în funcție de bazin, zona topografică și de timp.

2. Compoziția ionică este, de asemenea, supusă unor variații specifice pentru fiecare bazin în parte; ea depinde de loc, de felul cum se amestecă apa sărată și dulce, de cantitatea și natura ionilor aduși de apa dulce etc.

3. Flora și fauna este specifică. O parte din organismele care populează mediul salmastru nu se întîlnesc nici în apele marine și nici în

cele dulcicole. Originea lor însă, de cele mai multe ori, se află în cele două medii care contribuie la formarea celui salmastru. *Specificul vieții în apele salmastre este consecința acțiunii unui complex de factori, dintre care cei mai importanți sînt variațiile salinității globale* (presiunea osmotică) și *ale raportului dintre ioni* (rhopia).

Sărurile minerale dizolvate determină presiunea osmotică a mediului. De valoarea presiunii osmotice depind schimburile la nivelul membranelor care separă organismul de mediul hidric.

Starea ionică sub care se află dizolvate sărurile minerale din apele salmastre, dar mai ales raporturile cantitative dintre acești ioni, au o influență extrem de mare asupra schimburilor organism — mediu, cît și asupra funcționalității membranelor de schimb. Unii ioni favorizează schimburile, alții le încetinesc. Pentru ca schimburile să se desfășoare la un nivel normal, este necesar ca între aceste două categorii de ioni să existe un anumit raport, care joacă rolul de factor de mediu.

Datorită variabilității compușilor salini, care are o desfășurare continuă, organismele care populează mediul salmastru trebuie să fie adaptate pentru a face față funcțional agresivității unui astfel de mediu foarte nestabil din punct de vedere chimic. Mediul salmastru este populat în special cu organisme euribionte, capabile să-și adapteze metabolismul în raport cu schimbările care survin în mediul de viață. Aceste organisme dispun de mecanisme de reglaj osmotic, termic, ionic, rhopic etc. Prin aceasta, organismele cîștigă o anumită independență în raport cu factorii de mediu extrem de variabili în spațiu și timp. Mecanismele care intervin în menținerea homeostaziei organismelor funcționează bine numai în măsura în care se asigură necesarul de energie, ceea ce face ca metabolismul acestor organisme să aibă valori relativ ridicate. Urmarea directă a adaptabilității rapide la condițiile schimbate de mediu a organismelor salmastre este apariția de variații de tip funcțional și morfologic, care stau la baza apariției de noi specii. *Pentru evoluție, apele salmastre reprezintă un mediu în care speciația este mai frecventă decît în apele oceanice* cu parametri fizico-chimici mult mai constanți. Contactul permanent al acestui mediu cu mediul dulcicol și marin face posibilă popularea lui atît de către organismele dulcicole cît și de cele marine, care se efectuează treptat și nu fără modificări funcționale și de natură morfologică.

Apele salmastre posedă o microfloră și o microfaună bogată mai ales în număr de indivizi. La dezvoltarea acestei populații contribuie mai ales rîurile și fluviile care se varsă în aceste ape salmastre, prin aportul în materie organică sub formă de detritus, prin fosfații, azotații și silicații adesea în cantități extrem de mari, deversați continuu în bazinele în care se varsă.

Deși organismele salmastre sînt specifice pentru aceste ape, în formațiunile salmastre pătrund, pentru nutriție, o serie de forme, mai ales pești, aparținînd altor medii. Aceste forme migrează din mări în astfel de ape fie pentru hrănire, fie pentru înmulțire. Formele adulte suportă mai ușor variațiile de salinitate. Ca urmare, alături de reprezentanții permanenți ai apelor salmastre, se găsesc și o serie de forme temporare (crap, șalău — dulcicoli; chefal — marin).

Cantitativ, proteinele din apele salmastre depășesc pe cele din apele marine. Calculele făcute de cercetătorii laboratoarelor din Bears Bluff (S.U.A.) au evidențiat faptul că *de pe un hectar de ape salmastre se obține de trei ori mai multă proteină animală decît se poate obține de pe hectar de uscat.* De aici se deduce că pentru organizarea unei creșteri raționale în scopul obținerii de produse proteice animale cu valoare nutritivă ridicată, apele salmastre pot fi utilizate cu succes. Condițiile esențiale pentru un astfel de experiment ar fi: *a)* alegerea formelor adecvate (euribionte); *b)* speciile ce se cresc să aibă creștere ponderală rapidă; *c)* formele selecționate să utilizeze pentru nutriție producători primari.

Realizarea acestor deziderate însă necesită un studiu profund și sistematic atît al condițiilor specifice ale mediului salmastru ce urmează a fi utilizat în acest scop, cît și al formelor de pești din bazin sau din alte ape salmastre ce urmează a fi utilizați în astfel de acvaculturi. Se pretează la astfel de creșteri și o serie de nevertebrate, cum sînt: stridiile, midiile, crevețiі, langustele etc.

Cele mai mari formațiuni salmastre de pe planeta noastră sînt reprezentate de Marea Neagră, Marea de Azov, Marea Baltică, Marea Caspică, Marea Albă, lacul Aral (Marea Neagră va fi tratată în mod special). În continuare vom prezenta, sumar, cîteva caracteristici ale unora din formațiunile salmastre amintite mai sus.

Marea Albă. Are numeroase caracteristici care o apropie de apele salmastre. În zona de vărsare a rîurilor Dvina și Onega, apa are variații de salinitate de $\pm$ 25 g la litru în lunile de primăvară.

Lacul Aral. Este un rest din fosta Mare Sarmatică; are un oarecare aport de ape dulci din rîurile Amu-Daria și Sîr-Daria, mai crescut primăvara. Așezat în mijlocul unui ținut deșertic, vara mai ales concentrația în săruri crește datorită evaporației. În zona centrală, salinitatea măsoară circa 10 g la litru.

Marea Caspică. Este un bazin închis, care primește în partea nordică apele Volgăi. În zona de vărsare a fluviului, salinitatea nu depășește 3—5 g la litru. Salinitatea crește spre sud și mai ales spre est. Anual se produc variații mari datorită evaporației.

Marea de Azov. Este separată de Marea Neagră prin strîmtoarea Kerci. Salinitatea crește de la nord spre sud, unde atinge la suprafață pînă la 12 g la litru. Se semnalează o serie de salinități intermediare.

Marea Baltică. Posedă o gamă largă de salinități începînd de la 0,5 g la litru în golfurile Botnic și Finic și pînă la cea apropiată de apele de mare tipice în zona strîmtorii Kattegat. Caracteristic pentru această mare este faptul că apa dulce, foarte slab mineralizată, are mai mult un efect de diluare a apei și în mai mică măsură de schimbare a echilibrului ionic.

MAREA NEAGRĂ

Situată în partea răsăriteană a țării noastre, în raport cu mările deschise Marea Neagră se prezintă ca un bazin cu caracteristici cu totul aparte, datorită mai multor cauze.

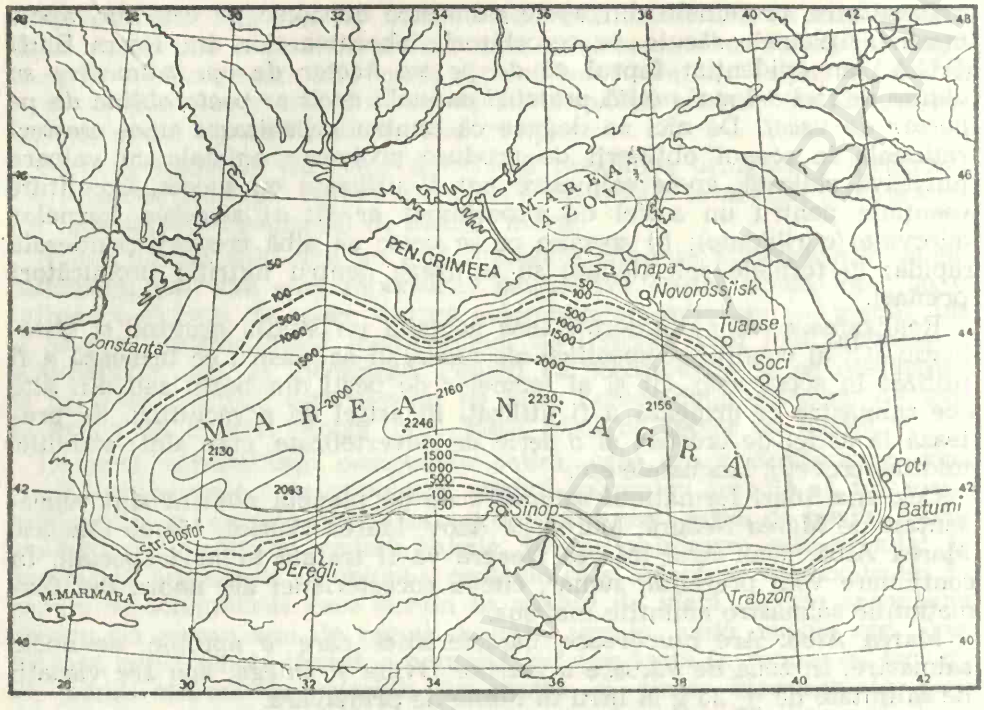


Fig. 210. Marea Neagră, harta cu izobate.

1. Originea bazinului este legată de existența în această parte a globului, în erele îndepărtate, a unei vaste întinderi de apă denumită *Marea Sarmatică* (desprinsă și ea din vechea Mare Tethys). În terțiar, marea a suferit o regresiune. Ca urmare, s-au format mai multe bazine separate prin uscat, și anume: Marea Aral, Marea Caspică și Lacul Pontic. Lacul Pontic ocupa cam aceeași zonă geografică pe care o ocupă în prezent Marea Neagră. Vechea Mare Sarmatică avea legături cu oceanul nordic, legături care, prin regresiunea mării, s-au întrerupt.

2. Fenomenele tectonice care au urmat înainte și după formarea lacului Pontic au dus la o repetată surpare a uscatului care separa bazinul pontic de cel al Mării Mediterane, creindu-se astfel strîmtoarea Bosfor prin care apele mai sărate din Marea Mediterană au pătruns în Marea Neagră. Din momentul stabilirii acestei legături, vechiul lac Pontic s-a transformat încetul cu încetul în Marea Neagră de astăzi.

3. Aportul important de ape fluviale și de precipitație care se amestecă cu apele marine imprimă vieții, mai ales în zonele apropiate de vărsare a marilor fluvii, o dinamică aparte. Aportul fluvial contribuie la îmbogățirea apei mării în substanțe nutritive, creindu-se astfel condiții pentru desfășurarea unei intense activități biologice.

4. Caracteristica de bazin relativ izolat, cuprins în masa continentală, cu schimburi doar de ape superficiale, dublate de o dinamică relativ redusă și o lipsă aproape totală a curenților verticali, a contribuit la acumularea în zona de sub 200 m a unor cantități mari de hidrogen sul-

furat, care face impropriu pentru viață întregul volum de ape situat sub această adîncime.

Toate aceste caracteristici generale, precum și o serie de alte aspecte speciale, deosebesc bazinul, sub raport biologic, de mările studiate anterior. Marea Neagră are multe asemănări în ceea ce privește viața cu unele mări închise cum ar fi M. Baltică, M. Japoniei și altele, prezentînd însă aspecte aparte datorită legăturilor sale cu M. Mediterană.

Date hidrologice. Marea Neagră are o suprafață de 413 000 km², din care aria situată deasupra platformei continentale reprezintă 30% (123 000 km²). Platforma continentală, atît de întinsă în raport cu dimensiunile mici ale bazinului, are consecințe importante asupra productivității acestuia. Platforma continentală este inegal repartizată. În partea sud-estică, abruptul urmează imediat de la țărm. Aici platforma continentală este foarte redusă. În sectorul nord-vestic, platforma continentală este mult întinsă spre larg (fig. 210). Cuveta bazinului nu este lipsită de sinuozități, observațiile făcute evidențiind un profil subacvatic destul de frămîntat. Depozitele de fund sînt importante, avînd în unele sectoare grosimi ce depășesc 8—12 km (N e p r o c i n o v a, 1959). Lungimea maximă (limanul Nistrului — Batum) este de 1 149 km, iar lățimea maximă de 630 km. Strîmtoarea Bosforului are lungimea de 28,5 km și o lățime maximă de 660 m. Strîmtoarea are un pronunțat caracter de prag, avînd adîncimea pe unele locuri de numai 45 m.

Aportul de ape spre bazin se efectuează dinspre uscat prin fluviile care se varsă în mare. Debitul total fluvial este de aproximaitv 300 km³, din care jumătate aparține fluviului Dunărea. Prin Bosfor intră din M. Marmara în M. Neagră ape cu o salinitate mai mare decît a Mării Negre. Prin apele de suprafață ies anual din M. Neagră și se varsă în M. Marmara 485 km³ apă.

M. Neagră			
Apă care intră	Km³	Apă care ese	Km³
Din fluvii	294	Prin evaporație	301
Precipitații	254	Prin Bosfor	485
Prin Bosfor	229		
Din M. Azov	38	În M. Azov	29
Total	815	Total	815

Datorită salinității mai reduse a apelor de suprafață, în Bosfor se întîlnesc variații de salinitate între 17 g la litru la suprafață și 37 g la litru în adîncime.

Dinamica apei este în general redusă. Bazinul fiind relativ mic și puțin adînc (2 245 m), amplitudinea valurilor este de asemenea mică, iar mareea nu este sesizabilă decît cu aparate speciale. Variații sezoniere de nivel se produc și au amplitudinea, de 15—27 cm. Nivelul mediu al mării este în scădere, din cauza barajelor pe fluvii.

Curenții orizontali sînt evidenți. Astfel, se constată un curent circular paralel cu țărmul, avînd sensul invers mișcării acelor ceasornicului. În centrul bazinului, spre porțiunea apuseană și răsăriteană, se disting doi curenți ciclonali interiori, separați în dreptul Peninsulei Crimeea de o zonă halistică. În centrul lor, cei doi curenți închid de asemenea două

zone halistice speciale (fig. 211). În aceste zone, hidrogenul sulfurat din adînc se ridică mult spre suprafață (chiar pînă la izobata de 100 m). Curenții nu sînt constanți. Ei prezintă discontinuități ale direcției în zona superficială (0—60 m). Dominanța vînturilor și conformația țărmului contribuie la direcționarea curenților. Intensitatea curenților scade începînd de la 20 m adîncime. Viteza lor este în general mică (0,30 m/s), iar vitezele mai mari de deplasare ajung pînă la cel mult 1 m/s. Temporar iau naștere curenți locali, semnalați și în dreptul litoralului românesc. Aceștia prezintă mari variații sezoniere și în ceea ce privește direcția și viteza. Asupra direcției curenților și a vitezei lor exercită influență apa adusă de afluenți și mișcarea de rotație a Pămîntului.

Din cauza curentului ciclonal din M. Neagră, putem distinge două *zone de adaptare*, de mare importanță pentru întreaga viață a bazinului. Imediat spre est de Bosfor, pe unde intră apele sărate din M. Marmara (avînd o salinitate de circa 34 g/l), există o *zonă hipersalină*, în care multe specii mediteraneene se pot adapta treptat la salinitatea medie mai redusă a M. Negre. În ultimii ani, aici s-au semnalat peste 100 specii noi pentru M. Neagră (M. Băcescu și C. Mărgineanu) între care cîteva echinoderme și cîțiva pești, care nu erau cunoscuți în bazinul Pontic. Toată fauna mediteraneeană existentă azi în M. Neagră a trebuit să treacă pe aici pentru a se adapta apelor mai diluate ale M. Negre.

O altă zonă de adaptare se găsește în lungul coastelor românești și bulgare ale M. Negre, unde se revarsă din plin curentul ciclonal care aduce apele dulci ale fluviilor care se varsă în partea de nord a M. Negre. Apele de aici ajung uneori la salinități de 5—10 g/l. Această *zonă hiposalină* reprezintă un loc de adaptare a unor specii dulcicole la apele saline ale M. Negre.

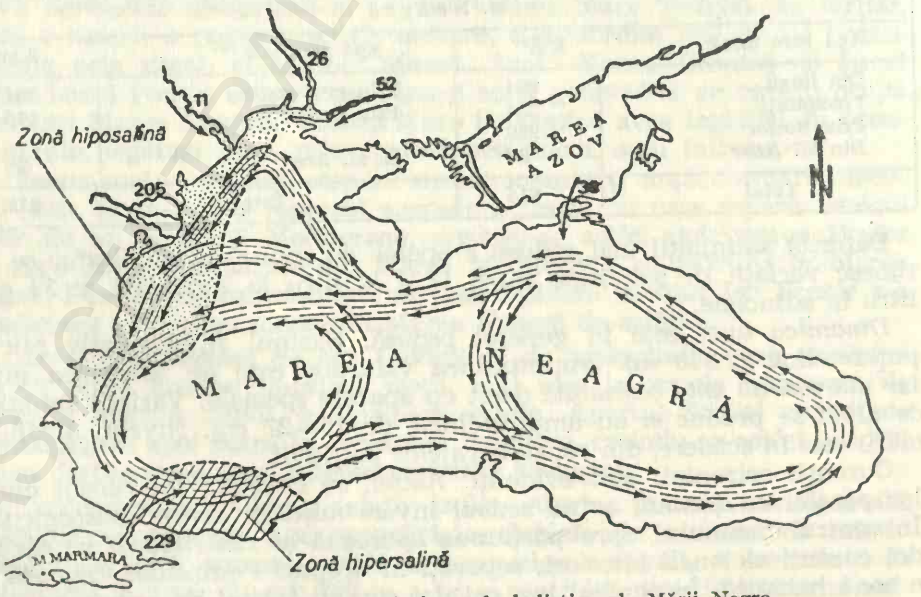


Fig. 211. Curentul ciclonal și zonele halistice ale Mării Negre.

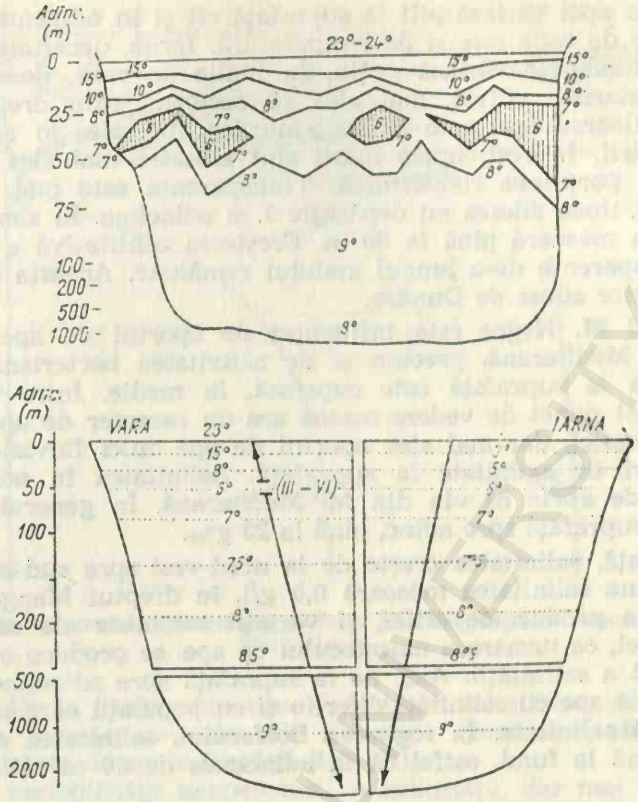


Fig. 212. Termica Mării Negre.

În ambele zone se produc mari variații de salinitate și în ele pot trăi forme de organisme euribionte.

Temperatura oscilează în limite largi. Pe țărmul românesc, minimum-ul înregistrat este de —1,4°C, cînd marea îngheață, fenomen semnalat atît în zilele noastre, cît și în trecutul îndepărtat. Maximul de temperatură se înregistrează în luna august, cînd apa la țărm se încălzește pînă la 27°C. Limitele de oscilație nu depășesc 30°C la țărmul românesc al mării. În larg, oscilațiile de temperatură nu depășesc 20°C. Toamna și primăvara variațiile de temperatură sînt mici chiar și deasupra platformei continentale. Pe verticală se întîlnește o interesantă stratificație termică, cu variații restrînse. Iarna, temperatura crește de la suprafață spre fund. În zona de 0—10 m, variațiile de temperatură oscilează între 4,2°C și 25,7°; la 25 m adîncime, oscilațiile se situează între 5,2°C și 12°C, iar la 50 m, între 4,3—9,5°C. Variațiile cele mai mari de temperatură se întîlnesc primăvara, în stratul de 10 m, iar cel de la 10—30 m vara și toamna. Temperatura stratului de ape de la 50—75 m adîncime prezintă o mare constanță, oscilînd în jurul a 7°C. Sub această adîncime, temperatura crește din nou, iar mai jos de 200 m adîncime temperatura ajunge și rămîne 8,5—9,0°C (fig. 212).

Densitatea apei variază atît la suprafață cît și în adîncime, în funcție de variațiile de salinitate și de temperatură. Iarna, densitatea în dreptul litoralului românesc variază puțin. În lunile de vară, densitatea scade în timpul marilor viituri, mai ales pe sectorul din dreptul vărsării Dunării. Culoarea apei este galbenă-murdar, mai ales în apropriere de gurile Dunării. În rest, apele mării sînt albastre mai ales spre sud și verzui spre porțiunea românească. Transparența este mai redusă spre mal și deltă, unde adesea nu depășește 1 m adîncime. În zonele centrale, transparența măsoară pînă la 30 m. Creșterea cantitativă a suspensiilor reduce transparența de-a lungul malului românesc. Aceasta se datorează mai ales apelor aduse de Dunăre.

Chimismul M. Negre este influențat de aportul de ape fluviale și dinspre M. Mediterană, precum și de activitatea bacteriană (fig. 213).

Salinitatea la suprafață este cuprinsă, în medie, între 17—18 g‰, deci din acest punct de vedere marea are un caracter de apă salmastră. Factorii climatici, dar mai ales aportul de ape dulci fluviale determină variații mari de salinitate la suprafață. Salinitatea în adîncime este influențată de apele ce vin din M. Mediterană. În general, salinitatea crește de la suprafață spre adînc, pînă la 23 g‰.

La suprafață, salinitatea crește de la nord-vest spre sud-est, astfel că dacă la Sulina salinitatea măsoară 0,5 g/l, în dreptul Mangaliei ajunge la 15 g/l. Se produc, de altfel, și variații sezoniere ale salinității. În dreptul Deltei, ca urmare a amestecului de ape, se produce o stratificare caracteristică a salinității. Aici, de la suprafață spre adîncime, se suprapun pături de ape cu salinități diferite și cu populații care se selectează după această salinitate. În regiunea Bosforului, salinitatea crește de la suprafață pînă la fund, astfel că la adîncimea de 60 m salinitatea este

Fig. 213. Repartiția salinității de suprafață în Marea Neagră

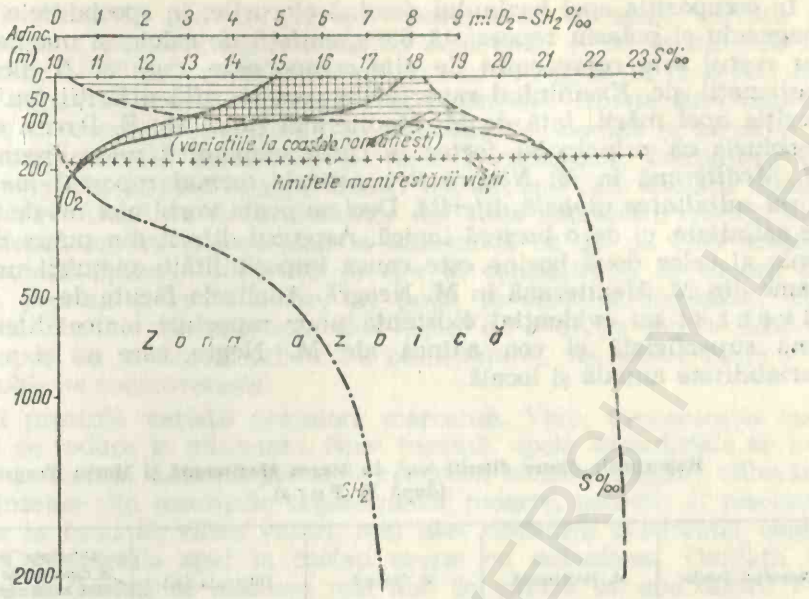


Fig. 214. Variația oxigenului, hidrogenului sulfurat și a salinității în sectorul românesc al Mării Negre.

de 37,12 g/l. De la litoral spre zonele centrale, salinitatea, de asemenea, crește. Apele litorale, mai ales ale țărmului românesc, sînt în mare măsură influențate de apele Dunării (tab. 31).

Din cauza variabilității temperaturii, a salinității, dar mai ales a conținutului în gaze (O_2 și SH_2), viața în M. Neagră nu există sub adîncimea de 180—200 m, decît sub forma bacteriilor *(Microspira)*. Ca urmare, M. Neagră se împarte într-o *zonă cu viață*, pe o pătură de circa 200 m grosime de la suprafață, și o *zonă azoică* (abiotică), de la 200 m și pînă la cele mai mari adîncimi (2 245 m) (fig. 214).

Dacă sub aspectul salinității marea diferă doar în mică măsură în raport cu alte mări din aceeași categorie, sub raport ionic M. Neagră prezintă o stare care îi este proprie (tab. 32).

Tabelul 31

Salinitatea M. Negre în funcție de zonă și anotimp

Adîncimea (m)	Marea Neagră:				Bosfor:	
	neritic		larg		adîncimea	salinitatea
	vara	iarna	vara	iarna		
1	17,40	16,70	18,60	18,00	0	17,79
25	18,50	17,50	19,00	18,20	10	17,88
50	17,70	17,70	19,50	18,50	20	18,12
100	20,50	20,10	21,00	20,50	30	19,79
500	22,00	22,00	22,10	22,10	40	28,87
900	22,30	22,30	22,30	22,30	50	36,42
2 000	—	—	22,50	22,50	60	37,12

În compoziția apei bazinului domină clorurile; în special cele de sodiu, magneziu și potasiu reprezintă 89%, sulfații de calciu și magneziu 10%, iar restul este reprezentat de alte componente, cum ar fi bicarbonații, carbonații etc. Examinînd raportul în care se află diferiții ioni în compoziția apei mării, față de M. Mediterană (tab. 32), E. Pora ajunge la concluzia că *principalul factor în calea răspîndirii unor organisme din M. Mediterană în M. Neagră îl constituie tocmai raportul ionic diferit și nu salinitatea globală diferită*. Deci se poate vorbi aici nu de o barieră de salinitate, ci de o barieră ionică. Aspectul diferit din punct de vedere ionic al celor două bazine este cauza imposibilității vieţuirii unor organisme din M. Mediterană în M. Neagră. Analizele făcute de A. Rojdestvenski au evidențiat existența unor raporturi ionice diferite între zona superficială și cea adîncă ale M. Negre, care au și o anumită variabilitate anuală și locală.

Tabelul 32

Raporturile dintre diferiți ioni, în Marea Mediterană și Marea Neagră
(după E. Pora)

Raportul ionilor	M. Mediterană	M. Neagră	Diferența (%)	Diferența procentuală a raporturilor unor ioni din M. Neagră în adînc față de suprafață
Na/K	28,07	30,50	+ 8,6	−16
Mg/Ca	3,11	2,85	− 8,3	+17
Mg/K	3,39	3,85	−12,9	+26
K/Ca	0,91	0,75	−18,6	+61
$\frac{Na+Mg}{Ca+Mg}$	6,47	6,09	− 8,0	+40
Cl/SO_4	7,15	3,95	−44,7	

Pe baza datelor experimentale obținute, s-a ajuns la concluzia că factorul rhopic, prin acțiunea pe care o exercită asupra organismelor acvatice, duce la exces sau la lipsă funcțională, deci la inadaptabilitate metabolică. Organismele care trăiesc în M. Mediterană nu pot pătrunde în M. Neagră dacă nu posedă mecanisme homeorhopice eficiente. Aportul fluvial joacă un important rol în modificarea compoziției ionice a apei din M. Neagră, spre deosebire de alte mări (M. Baltică), la care aportul de apă dulce determină mai ales o diluție a mediului.

Reacția mediului este alcalină la suprafață, oscilînd în limite destul de restrînse (*p*H = 8,6—8,2), mai ales în pătura de ape dintre 0—50 m. Începînd cu adîncimea de 100 m, *p*H-ul începe să scadă, ca urmare a difuziei H_2S din adîncime spre suprafață, astfel că la 200 m *p*H-ul ajunge la 7,8. Mai spre adîncime *p*H-ul devine tot mai acid, pe măsura creșterii concentrației în H_2S.

Dintre bioelemente, cele mai bine studiate sînt în prezent fosfații și azotații. Bioelementele se găsesc în pătura eutrofică a mării, în cantități care satisfac necesitățile de creștere și dezvoltare a populației fitoplanctonice. Dunărea, la rîndul ei, contribuie substanțial la îmbogățirea apei M. Negre cu substanțe biogene (azot, fosfor, siliciu).

Azotații diferă, în ceea ce privește concentrația în apele neritice și cele oceanice. Conținutul lor variază cu adîncimea și cu anotimpul. În pătura dintre 0—10 m au fost măsurați pînă la 30 mg/m^3 în luna februarie, 33,71 mg/m^3 în mai și 115 mg/m^3 în noiembrie. Aceste cifre denotă o refacere a rezervelor de azotați în perioada de toamnă și iarnă și o utilizare mai crescută primăvara și vara. În adîncime, conținutul de azotați crește treptat pînă la aproximativ 300 m, sub care azotații lipsesc cu desăvîrșire. După datele cercetărilor din zona litoralului nostru, aici se semnalează azotați numai pînă la adîncimea de 25 m. Sub această limită, azotații lipsesc. Datele cu privire la concentrația în azotați pe adîncime, precum și evoluția lor, cel puțin în sectorul românesc, sînt incomplete. Studiile viitoare, mai ales legate de evoluția bioelementului azot în raport cu producția primară a planctonului, vor aduce lumină în aceste probleme controversate.

Fosfații prezintă variații sezoniere marcante. Vara, concentrația apei în fosfați se reduce la minimum. Spre toamnă, apele superficiale se îmbogățesc cu fosfați, datorită probabil reducerii consumatorilor, eliberării lor mai intense din țesuturile organismelor moarte, precum și răscolirii apelor de la fund de către valuri, mai ales deasupra platformei continentale. Concentrația apei în fosfați crește cu adîncimea. Oscilații în conținutul de fosfați se măsoară mai ales în pătura de ape dintre 0—100 m adîncime.

Silicații prezintă în pătura superficială de ape variații sezoniere. Iarna concentrația în silicați crește. Determinările au marcat în luna februarie peste 1 264 mg siliciu la m^3. Toamna concentrația lor din apele superficiale scade, datorită probabil utilizării mai intense a acestui element de către diatomee. Pe verticală concentrația în siliciu crește, astfel că la 200 m ajunge la 2 800 mg/m^3.

Regimul gazelor este caracterizat prin oscilații de concentrație a apei în oxigen și hidrogen sulfurat, care se acumulează în cantități din ce în ce mai mari, de la adîncimea de 200 m în jos.

Oxigenul solvat în apă prezintă în pătura de ape superficiale variații sezoniere și chiar diurne. În limitele 0—10 m, saturarea apei cu oxigen este de obicei de 100%, iarna putînd depăși această cifră, apa fiind suprasaturată în oxigen. În domeniul neritic, maximul de concentrație a oxigenului (12,72 mg/l) se constată toamna și iarna. Local, în perioada estivală, oxigenul poate scădea, apa devenind nesaturată în acest gaz. În larg, maximul măsurat este de 11,69 mg/l. Pătura de ape de la adîncimea de 25 m prezintă maximul de concentrație în oxigen. Aceasta se datorează, probabil, surplusului de oxigen pus în libertate de către fotosintetizante. Spre adînc, concentrația gazului scade, astfel că la 200 m se mai găsesc doar 0,40 mg oxigen la litru. Saturația este aici de 3,7%, cu totul sub minimul necesar pentru activitatea oxibiontelor celor mai puțin pretențioase la oxigenare. Sub adîncimea de 200 m, oxigenul lipsește cu desăvîrșire.

Hidrogenul sulfurat apare în unele locuri chiar de la adîncimea de 100 m. În general însă, apariția lui se face simțită la circa 200 m adîncime (s-au efectuat în anumite locuri sondaje chiar la 175 m, fără a se pune în evidență gazul). Este posibil ca anumiți curenți pe talvegu-

rile vechi ale fluviilor să favorizeze ieșirea spre suprafață a gazului. Hidrogenul sulfurat poate proveni din două surse, și anume:

1. Din reducerea sulfaților de către bacteriile sulfat-reducătoare. Două specii par a avea rol important în producerea acestuia. După B. I. Isacenko, gazul este produs în urma activității bacteriei *Microspira aestuarii,* iar după M. Zarma, specia responsabilă de producerea hidrogenului sulfurat este *Desulfovibrio desulfuricans.* Procesul chimic s-ar produce în două etape:

$$SO_4R'' + 2C \rightarrow SR'' + 2CO_2 + E$$
$$SR'' + CO_2 \rightarrow CO_3R'' + H_2S$$

În acest mod s-ar produce 99% din gazul existent.

2. Din acțiunea fermentativă a bacteriilor anaerobe asupra substanțelor organice ce conțin sulf. Genul *Clostridium* ar avea mai ales o astfel de acțiune. În acest mod s-ar produce restul de 1% din gaz.

Acumularea de hidrogen sulfurat în zonele adînci ale mării se consideră a fi favorizată de dinamica relativ redusă a apei. Valurile se resimt pe adîncimi mici, iar curenții verticali sînt slabi. Probabil, punerea în evidență a unor conuri vulcanice stinse în zonele adînci ale mării va aduce în viitor lămuriri cu privire la acest gaz. În orice caz, oxigenarea puternică, precum și acțiunea unor bacterii sulf-oxidante neutralizează gazul, transformîndu-l în sulfați și tiosulfați. Prezența gazului este determinată în separarea celor două zone caracteristice, și anume: zona azoică, situată sub 200 m, și zona productivă, între suprafață și această adîncime.

Viața în Marea Neagră. Succinta prezentare a caracteristicilor fizico-chimice și a evoluției bazinului relevă faptul că heterogenitatea condițiilor de mediu poate avea consecințe favorabile sau nefavorabile asupra desfășurării proceselor biologice din bazin. Cantitățile mari de substanțe nutritive aduse de apele fluviale, cît și platforma continentală extinsă, oferă bazinului condiții optime pentru dezvoltarea organismelor. Limanele numeroase, deltele și prezența Mării de Azov, constituie importante rezerve pentru popularea cu pești a bazinului. Pe de altă parte, bazinul fiind închis între masele continentale, care lasă doar anumite comunicări cum este legătura cu M. Mediterană, circulația apelor este stînjenită, deci reîmprospătarea apelor se face greu. Rezervele de fosfați nu pot fi aduse la suprafață. Toate aceste cauze au determinat și acumularea masivă de hidrogen sulfurat. Variațiile destul de bruște ale unor factori fizici (cum este, de exemplu, temperatura), semnalate în unii ani, precum și compoziția ionică atît de diferită în raport de marea cu care face schimb de ape (M. Mediterană), au, desigur, influențe nefavorabile asupra dezvoltării diversificate a planctonului și, prin aceasta, asupra productivității generale a bazinului, precum și a răspîndirii în bazin a numeroaselor forme din M. Mediterană. Aceste condiții, în acțiunea lor conjugată, fac din bazinul M. Negre un complex biologic diferit de alte mări similare.

Planctonul cuprinde atît forme vegetale cît și animale. Zooplanctonul conține atît forme euplanctonice cît și meroplanctonice. Repartiția planctonului și a nectonului se face numai pînă la adîncimea de 175 m. Planctonul cuprinde anumite abateri de constituție în diferitele sec-

toare ale mării. Planctonul neritic este mai bogat în specii și indivizi decît planctonul de larg.

Fitoplanctonul cuprinde în sectorul românesc peste 176 specii, iar în alte sectoare, ca de exemplu în cel sovietic (cu marea de Azov), peste 300 unități taxonomice. Fitoplanctonul este dominat de diatomee și peridinee. În anii din urmă au fost evidențiate și 6 specii de cocolitoforidee. Cloroficeele, cianoficeele și silicoflagelatele sînt slab reprezentate mai ales în sectorul nostru litoral. Cercetările fiind inițiate în acest domeniu destul de recent, ne putem aștepta la identificarea și a altor forme fitoplanctonice. Se constată, din studiile efectuate, că numai 20 de forme din cele identificate au dezvoltare rapidă și masivă în cursul anului. Caracterul dezvoltării este ciclic, în funcție de anotimp. Biomasa maximă a fost evidențiată în luna iunie (18,454 g/m^3) și în luna noiembrie (17,686 g/m^3). Specii ca *Rizosolenia calcar avis* și *Nitzchia seriata* produc adesea fenomenul de „înflorire". Calculele efectuate, privind producția fitoplanctonică a sectorului românesc, evidențiază o producție anuală de 38 046 000 tone, cifre superioare celor care se referă la întregul bazin. Producția fitoplanctonică deci nu este mică, putînd satisface nevoile alimentare ale peștilor planctonofagi, chiar dacă ar fi în număr de 4—5 ori mai mare decît estimările prezente.

Zooplanctonul este mai sărac în unități sistematice decît fitoplanctonul. Meroplanctonul, mai ales în sectorul platoului continental, este bine reprezentat. S-au identificat specii de protozoare *(Noctiluca miliaris)*, copepode, cladocere, rotifere, ctenofore, larve de moluște etc., icre și pui de pește. Zooplanctonul este mai bine dezvoltat iarna decît vara. Spre primăvară începe o descreștere a acestei populații. Între nivelul pescuitului și masa zooplanctonică a fost stabilită o corelație. Scăderea masei zooplanctonice primăvara este pusă pe seama utilizării mai intense a acestuia de către peștii planctonofagi (hamsie, șprot etc.). Variații se observă mai ales în ceea ce privește planctonul productiv, adică general consumabil; cel neproductiv variază puțin.

Densitatea zooplanctonului scade de la suprafață spre adîncime. Între 0—20 m s-au găsit pînă la 9 500 indivizi la m^2, dar la adîncimea sub 100 m numărul acestora scade la aproximativ 100. Unele specii efectuează migrații diurne pe verticală, precum și sezoniere. Formele criofile se ridică spre suprafață odată cu răcirea apei, spre toamnă și iarnă. Estimările făcute de cercetătorii români apreciază că producția anuală a zooplanctonului în sectorul românesc este de aproximativ 62 milioane tone, din care plancton productiv numai 9 169 950 tone. Cu aceasta s-ar putea hrăni o cantitate de cel puțin 30 000—40 000 tone pește planctonofag. În acest fel, numai planctonul din sectorul românesc ar putea contribui la creșterea simțitoare a producției și deci a recoltei de pește.

Nectonul este constituit din pești și din mamifere complet adaptate la viața acvatică, cum sînt delfinii și focile. Peștii aparțin la peste 150 specii, din care 60% sînt forme mediteraneene care populează bazinul mai ales vara. Formele relicte reprezintă 18%; ele sînt reprezentanți relicți ai populației de pești din fosta Mare Sarmatică. Restul reprezintă forme de origine dulcicolă. Dacă se iau în considerație și subspeciile, 112 forme sînt migratoare, 31 relicte pontice și 37 forme de apă dulce. Majoritatea formelor sînt carnivore și bune înotătoare. Cele mai frec-

vent întîlnite și mai importante din punct de vedere economic pentru sectorul românesc sînt următoarele *(Planșa XXVIII): Sprattus sprattus* (șprotul); *Scomber scomber* (scrumbia albastră); *Pelamys sarda* (pălămida); *Trachurus trachurus* (stavridul); *Engraulis encrasicholus* (hamsia); *Mugil cephalus* (chefalul), sturionii, clupeidele etc. În M. Neagră trăiește și un rechin *(Squalus acanthias).*

Din totalul speciilor existente, numai 36 sînt valoroase sub raport economic. Printre acestea, sturionii, scrumbia de Dunăre, guvizii, cambula, hamsia, stavridul, șprotul, scrumbia albastră, în unii ani pălămida, sînt mai intens pescuite *(Planșa XXIX).*

Producția de pește a M. Negre nu este prea ridicată. Mari fluctuații în ceea ce privește cantitatea și calitatea peștelui prins se înregistrează de la un an la altul. Producția de pește este evaluată la 3—4 kg/ha și an, dacă se raportează la suprafața întregului bazin (Zenkevici). În comparație cu M. Caspică, care are o producție anuală de 15 kg/ha, și cu Marea de Azov (30 kg/ha), producția M. Negre este mică. Cauzele concrete care determină acest lucru încă nu se cunosc prea bine. Colective de cercetători ai țărilor riverane întreprind ample investigații pentru elucidarea problemelor legate de cauzele acestei slabe productivități.

Bentosul este extins numai pe zona care nu depășește adîncimea de 200 m. Sub acest nivel, populația bentonică este în general alcătuită numai din bacterii care intervin în formarea hidrogenului sulfurat. Suprafața totală a zonei bentonice din dreptul litoralului românesc este de 23 000 km². În bentos se semnalează cu ceva deosebit existența în zonele de fund a unor canioane submarine cu incluziuni de moluște subfosile în perfectă stare de conservare, precum și brîul de scrădiș cu o lățime de 25—35 m și la adîncime între 90—100, mîlurile albe ce ocupă suprafețe mari și zone cu concrețiuni fero-manganoase.

Gr. Antipa subdivide bentosul în trei zone distincte, și anume:

— *zona prelitorală,* de la mal pînă la izobata de 10 m. Caracteristic pentru această zonă este amestecul de sedimente terigene cu cele produse de mare, variații largi ale factorilor mecanici, fizici și chimici;

— *zona litorală,* care se întinde de la adîncimea de 10 m pînă la limita inferioară a vegetației, situată pe izobata de 70 m. Nisipul și mîlul constituie biotopii cei mai extinși din această zonă, populată mai ales de moluște bivalve;

— *zona sublitorală.* de la izobata de 70 m pînă la limita vieții aerobe, caracterizată prin mișcarea redusă a apei, luminozitate redusă, mîl fin de culoare albastră-violetă, impregnat cu cochilii de moluște; este biotopul principal al zonei.

După S. A. Zernov, în bentosul Mării Negre se disting o serie de complexe biocenotice formate din plante și animale de o bogăție remarcabilă, atît în ceea ce privește speciile, cît și în ceea ce privește biomasa.

Complexul faciesului de stîncă și al pietrelor imobile. Biotopul este cuprins între 0—15 m, excepțional coboară pînă la 28 m adîncime. Este populat de alge ca: *Enteromorpha, Ceratium* și *Corallina,* care formează o grupare superficială populată de ciripede, crabi, moluște *(Littorina* și *Patella).* Pe panta faciesului de piatră se localizează algele *Zoostera, Cystoseira* și *Phyllophora,* iar între talurile acestora se găsesc oligochete, polichete, amfipode și izopode.

Alga *Phyllophora* ocupă în M. Neagră două cîmpuri destul de întinse. Unul din cîmpuri se află în nord, cam în dreptul Deltei Dunării, are o suprafață de aproximativ 1 300 km² și este populat cu *Phyllophora brodiaei*, iar altul sudic, mai puțin extins și mai disparat. Cîmpul nordic se situează în zona cu midii (paralela 45°N). În cîmpurile de *Phyllophora*, numeroase animale își găsesc loc prielnic pentru dezvoltare. Se întîlnesc aici crabi *(Portunus arcuatus, Gammarus locusta, Paradactylopodia brevirostris)* și pești *(Gobius cephalarges, Ctenolabrus rupestris)*. Aici iernează morunul *(Huso huso)*.

Compexul nisipului curat și amestecat cu nămol. Situat pînă pe la adîncimea maximă de 18—28 m, se întrepătrunde cu biotopul anterior pe unele arii. Este populat mai ales de organisme ce se afundă în nisip: viermi anelizi, policheți *(Lagisca, Maldane)*, oligocheți *(Enchitreus)* și nemerțieni *(Arenonemertes)*, crustacei *(Crangon, Portunus)* și moluște *(Corbula, Tellina* etc.).

În spațiile libere dintre granulele de nisip a tuturor plajelor s-a descris o *faună psamobiontă* alcătuită din organisme mici, adaptate spațiului restrîns dintre nisip. Cel mai însemnat grup al acestui biotop este alcătuit din ciliate, care în Marea Neagră au fost bine studiate de Adriana Petran.

Adaptările cele mai însemnate ale acestor organisme sînt: micșorarea taliei, alungirea corpului (uneori chiar în formă de panglică), delimitarea netă a unei regiuni cefalice cu rol sensitiv de explorare a mediului, existența unui sistem de mioneme puternice, reducerea macronucleului, existența unor incluziuni citoplasmatice. Multe din specii înoată liber, dar unele se pot fixa temporar cu gheare sau cîrlige. Toate se pot contracta puternic micșorîndu-și volumul, au o destul de mare viteză de înot și, în unele cazuri, trăiesc simbiotic cu alge verzi.

În M. Neagră s-au descris 75 de specii. Dar majoritatea lor absolută se găsesc în toate plajele lumii, ceea ce denotă că biotopul psamic reprezintă un mediu de viață destul de uniform la toate latitudinile, iar fauna sa nu este prea mult influențată de variațiile termice, de salinitate etc. Se constată că în regiunile cu ape poluate există forme de ciliate tipice, care ar putea constitui indicatori saprobionți ai apelor marine.

Factorul cel mai important care determină numărul de indivizi de ciliate este hrana, care constă mai ales din diatomee, bacterii și alge unicelulare care trăiesc pe bioderma granulelor de nisip.

Totalitatea ciliatelor psamofile reprezintă o cantitate apreciabilă de substanță organică vie, care utilizează un substrat organic detritivor sau fixat de granulele de nisip. Ele constituie pentru organismele marine filtratoare o cantitate de hrană care nu a fost prea mult luată în considerare pînă acum. Ciliatele de aici constituie un inel al unui lanț trofic ce duce pînă la lamelibranhiate, crustacei pelagici etc.

Complexul de scrădiș. Biotopul este alcătuit din cochiliile și valvele de moluște. Midiile și stridiile se aglomerează aici în număr mare. În ultimul timp, molusca *Raphana thomasiana* face mari ravagii în bancurile compacte de moluște bivalve cu care se hrănește. Alături de moluște, biotopul este populat și de viermi, spongieri, actinii și de crustaceul fixat *Balanus*.

Complexul mîlului. Acest biotop este destul de extins (40—80 m). Plantele lipsesc. Biotopul este dominat de molusca *Modiolus phaseollinus*. De asemenea, găsesc habitat aici diverși viermi, actinii, tunicieri. Cu unele specii de tunicieri se hrănesc sturionii care iernează aici.

Bentosul Mării Negre a fost studiat cantitativ și sistematic în regiunea coastelor românești de către prof. M. Băcescu și colab.

— În *zona supralitorală*, pe faciesul stîncos, spălat din cînd în cînd de valuri, trăiesc alge *Cyanophyceae* și chiar licheni *(Verrucaria)*. Dintre animale aici se întîlnesc: *Littorina, Lygia, Tylos* (isopod) și, ritmic, aici urcă crabul *Pachigrapsus* și peștele *Blennius galerta*. Pe faciesul nisipos din partea superioară de spargere a valurilor domină *Talitrus* și *Talorchestia*, care curăță plajele de toate resturile organice. Mai în spre apă se găsește *Gammarus marinus* (cu peste zece mii indivizi la m^2).

— În *zona mediolitorală*, pe stîncării sînt fixate alge: *Cladophora, Ulva, Enteromorpha* și animale ca: *Brachyodontes, Patella, Chthamalus, Pachygrapsus*. În regiunea nisipoasă abundă talitridele (5 specii, cu peste 30 000 ind./m^2), *Pontogammarus maeoticus* (50 000 ind./m^2), *Otoplana* (peste 300 000 ind./m^2). *Enchitraeus* (peste 60 000 ind./m^2), numeroase nematode (peste 500 000 ind./m^2), myside (*Gastrosaccus* cu peste 5 000 ind./m^2) etc. Toate acestea sînt organisme alungite ce se pot înfunda ușor printre granulele de nisip. Ele, în totalitatea lor, reprezintă o biocenoză importantă a Mării Negre.

— În *zona infralitorală*, pe substratul dur, se prinde *Cystoseira, Laurencia, Ceramium* etc., a căror biodermă este formată din diatomee (pînă la 12 miliarde ind./m^2). Aici se întîlnesc majoritatea speciilor animale: *Gibbula, Rissoa, Chiton*, 5—6 specii de creveți *(Lysmata)* apoi *Pholas* etc., alcătuind în totalitate biocenoza cystoseirei.

— În *partea nisipoasă* există o biocenoză cu *Corbula mediterranea*, care se întinde pînă la adîncimea de circa 15 m (fig. 215), avînd o biomasă medie de 450 g/m^2. Aici se întîlnesc: *Ammonia, Discorbis, Spisula, Cardium* etc. și este locul de hrană al multor pești (chiar al acipenseridelor). Recent a pătruns aici și marea scoică nordică *Mya arenaria*, care poate constitui — ca și midiile — o bună hrană pentru om (în regiunile nordice, *Mya* se consumă foarte intens).

— În *zona infralitorală* se găsesc incluziuni cu întinderi variabile de *Zostera*, pe un fund mîlos, între rizomii căreia trăiesc *Tanais, Cumella, Upogebia, Nereis* etc., iar în tufișurile ei mișună *Palaemon, Carcinus* etc. Pe nisipul mîlos abundă *Diogenes, Donax, Venus*.

— Sub circa 20 m adîncime începe *zona mîlului*, în care se disting cîteva formațiuni zonate pe adîncimi: la început biocenoza mîlului cu *Spisula*, apoi a mîlului cu *Mytilus*, care se întinde pînă la adîncimea de 50—70 m, dominată net de prezența midiei *(Mytilus galloprovincialis* var. *frequens)*. La aceste adîncimi, în partea NV a M. Negre se găsește *cîmpul de Phyllophora al lui Zernov*, o formațiune de peste 10 000 km^2 avînd, în medie, circa 1,2 kg alge pe m^2, cu o populație animală de aproape 100 000 indivizi pe m^2 și o biomasă animală de peste 200 g/m^2. Animalele de aici sînt homocrome, colorate în roșu și trăiesc prinse sau înotînd printre filamentele de *Phyllophora*, algă care adesea este fixată

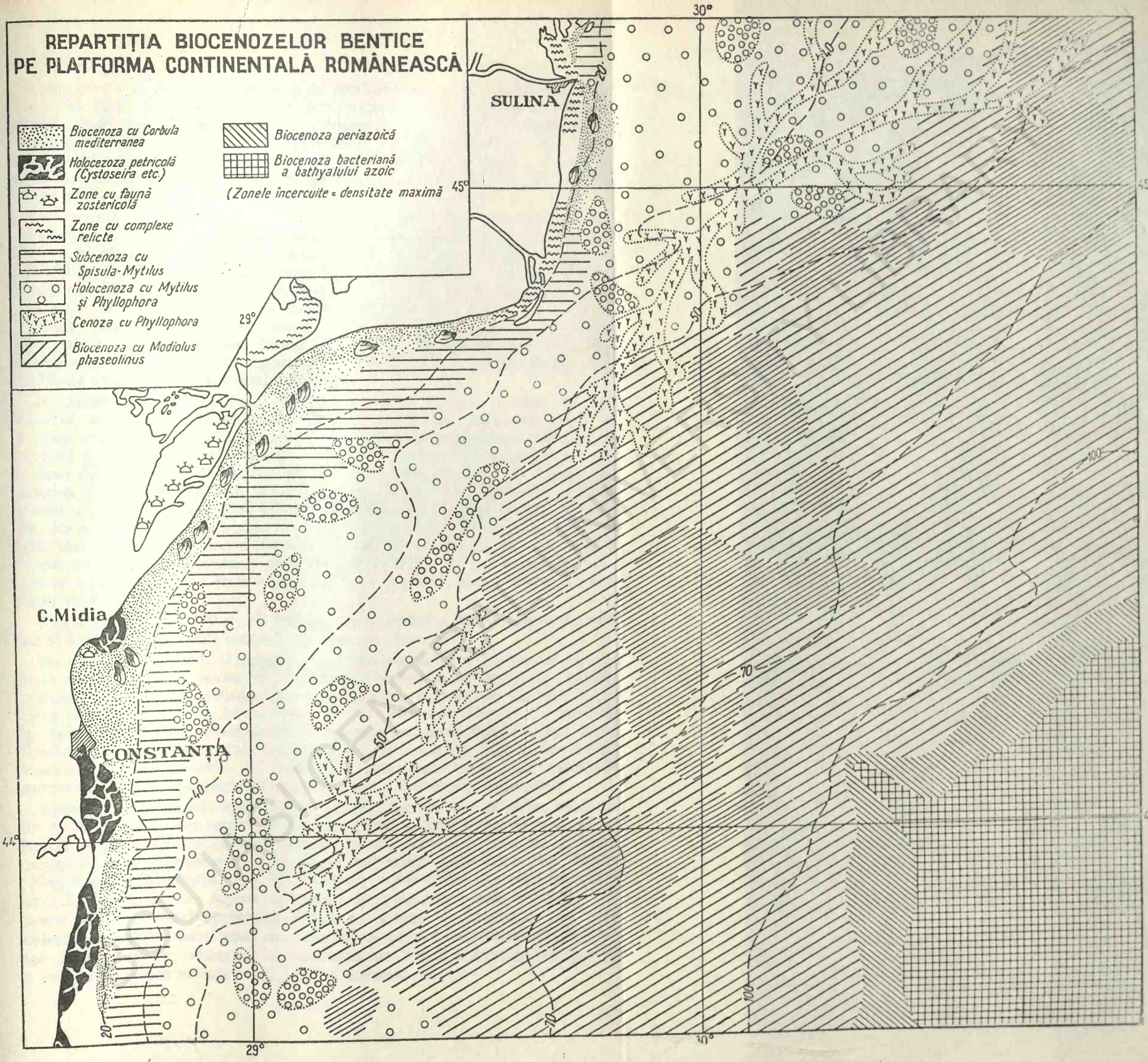


Fig. 215. Biocenozele litorale în sectorul românesc al Mării Negre. (după M. Băcescu)

CU-IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

pe cochilii de midii. Algele de aici se exploatează pentru substanțele lor agaroide. Spre S—V se întinde o prelungire a acestui cîmp de *Phylophora*, pînă prin dreptul orașului Constanța, algă care se asociază cu midiile de fund, creînd astfel o biocenoză cu totul specifică M. Negre și aproape unică în lume. Pe suportul de midii se mai găsesc: *Ciona*, în mîl, *Terebella*, *Melinna* etc. Aici se hrănesc cu precădere în timpul iernii sturionii mari ai M. Negre.

Biocenoza mîlului cu faseoline este una dintre cele mai caracteristice și mai întinse formațiuni bentonice ale M. Negre. Ea începe uneori la 50 m cu un *mîl albăstrui*, semifluid, care se întinde pînă la adîncimea de 125—130 m, conținînd în mod caracteristic bivalva *Modiolus phaseolinus* (cu peste 10 000 ind./m²) și avînd o biomasă de circa 200 g/m² parte cărnoasă vie în dreptul coastelor românești. Tot aici se întîlnesc echinodermele: *Amphiura*, *Leptosynapta*, apoi *Corophium*, *Cerianthus*, *Sycon* și adesea *Ciona*. Toate organismele acestei zone sînt filtratoare, detritivore sau suspensivore. Dintre pești aici întîlnim hrănindu-se *Odontogadus*, sturionii, *Rhombus*.

În partea de jos a mîlului cu faseoline se găsește o *zonă de mîl alburiu*, din cauza numeroaselor cochilii fosile de diatomee, care se întinde pînă la circa 160 m adîncime, avînd și numeroase resturi de cochilii de *Dreissena*, *Micomelania*, adică de animale care astăzi nu mai trăiesc decît în gura limanelor (și în lacul Razelm). Ele au rămas din vremea tîrzie a Pliocenului, cînd apele M. Negre (ale bazinului pontic) aveau o salinitate mult mai redusă decît azi. Pe fondul cochilifer fosil de aici se mai găsesc *Bougainvillea* (un hidropolip), *Cerianthus*, *Terebellelis* etc., alcătuind în ansamblu un etaj aparte, numit de M. Băcescu *etajul periazoic*, o biocenoză complet heterotrofă, cu un exces de substanță organică. În mîl există și numeroase bacterii, dar acestea nu sînt caracteristice.

Sub adîncimea de 170 m se întinde *zona azoică* a Mării Negre în care nu se mai întîlnesc decît bacterii care pot produce SH_2.

Microbentosul. Gruparea organismelor acestui biotop se împletește cu cele descrise anterior, fiind larg răspîndită în raport cu sursele pentru hrană. În constituția microbentosului, alături de bacterii, mai intră și multe diatomee bentonice și mulți crustacei, răspîndite mai ales în faciesul de nisip (harpacticide, halacaride, apoi foraminifere etc.). Biomasa sa este importantă și joacă rol în nutriția puilor de chefal, sturioni și pleuronectide. În constituția microbentosului mai intră, de asemenea, multe nematode și foraminifere (*Ammonia*, *Discorbis*).

Trebuie să subliniem importanța microfitobentosului, pusă în evidență de N. Bodeanu nu numai pentru M. Neagră. El reprezintă o sursă de hrană extrem de importantă pentru multe animale care se hrănesc „ciugulind" organismele epifite de la suprafața obiectelor din bentos (*Blennius sanguinolentus* din M. Neagră); o parte din diatomeele epifite se eliberează de pe suport ajungînd în plancton, unde numărul lor poate crește în mod apreciabil (după o furtună de exemplu, care răscolește bentosul). Cantitatea de biomasă a microfitobentosului producător primar trebuie adăugată la cantitatea de hrană a bentosului, pentru a avea o apreciere valorică mai bună a acesteia.

Biomasa bentonică generală este foarte importantă. Ea variază după poziția topografică. În dreptul litoralului românesc poate depăși 1 kg/m². Producția cea mai mare se situează în zona batimetrică cuprinsă între 30—80 m și se datorează mai ales midiilor de adînc. Producția totală a sectorului românesc este apreciată la 24 140 000 tone masă vie pe an[1]. Această cantitate mare de masă vie, valorificată prin populația de pești corespunzătoare, ar putea furniza o producție de cel puțin 50 000 tone pește anual. Peștii bentonici din M. Neagră însă, pentru pescuitul organizat, furnizează o producție aproape neglijabilă.

Microbentosul furnizează cantități destul de mari de materie vie. Pe unele porțiuni au fost numărate peste 1 200 000 nematode/m² sau peste 1,3 milioane copepode la m². Acestea din urmă sînt o hrană deosebit de bună pentru sturioni și șprot.

Aruncînd o privire de ansamblu asupra datelor prezentate, rezultă că bazinul M. Negre se caracterizează din punct de vedere biologic prin următoarele aspecte particulare:

1. Marea apare sub dublu aspect, datorită zonei azoice lipsită de viață animală; zona situată deasupra izobatei de 200 m, și mai ales cea deasupra celeia de 100 m, este bine populată, dar restrînsă ca volum și suprafață.

2. Bazinul posedă un mare număr de biotopi, fapt ce imprimă vieții bentonice un aspect mozaicat, format din complexe biocenotice heterogene dar, totuși, dominate de anumite forme caracteristice.

3. Prezența unei mari mase de alge bentonice, bine dezvoltată și ocupînd suprafețe relativ mari *(Phyllophora)*, cît și a bancurilor mari de moluște de adînc sau nisip cu o extraordinară capacitate de filtrare a apei. Acestea contribuie la purificarea apelor litorale și joacă un rol important în nutriția unor pești bentonici cu valoare economică.

4. Numărul redus de specii este compensat de numărul mare de indivizi, de densitatea mare a indivizilor. Ca urmare a acestui fapt, biomasa Mării Negre este superioară altor mări temperate, fiind comparabilă cu cea a mărilor subboreale (M. Barentz).

5. Distribuția biomasei pe verticală este limitată la suprafețe restrînse, avînd arii mai mari de distribuție numai formele euriterme și eurihaline. În această mare se pot urmări pătrunderi de forme dulcicole și mediteraneene. În sectorul afectat de vărsarea fluviului Dunărea, stratificarea apelor face posibilă existența la nivele diferite a formelor dulcicole (crap, roșioară) și marine (calcan, guvid), iar în apele intermediare, scrumbia de Dunăre și altele.

Marea Neagră poate constitui un adevărat laborator natural pentru studierea dinamicii populațiilor și a schimbărilor metabolice care însoțesc această dinamică, cum a accentuat foarte bine I. B o r c e a.

Cercetările asupra biologiei bazinului au început cu mai bine de 100 ani în urmă în Rusia, prin înființarea stațiunii de la Sevastopol. La noi, cercetările încep ceva mai tîrziu. Astăzi, în diferitele puncte de interes științific de pe litoralul mării, au fost înființate o serie de stațiuni de cercetări marine. În Uniunea Sovietică ființează 7 stațiuni, în România 2, în Bulgaria 1, iar Turcia posedă o bază de cercetări la Istanbul.

[1] M. B ă c e s c u — *Ecologie marină*, vol. III. București, 1971.

Staţiunea de cercetări de la Agigea, astăzi Sectorul de resurse marine al Institutului Român pentru Cercetări Marine „prof. I. Borcea" a fost întemeiată în anul 1926 de către Ion Borcea, fost profesor de zoologie la Universitatea „Al. I. Cuza" din Iaşi. Staţiunea este situată la 10 km sud de oraşul Constanţa şi a fost destinată încă de la înfiinţare studiului condiţiilor de viaţă euribiontă din bazinul Mării Negre.

Aşezată într-o poziţie extrem de avantajoasă, datorită succesiunilor faciesurilor chiar de la litoral, unde începe faciesul de stîncă, bine şi variat populat cu forme vegetale şi animale, staţiunea oferă condiţii şi pentru efectuarea unor lucrări de laborator cu material proaspăt, precum şi pentru efectuarea de observaţii în mediul marin. Aproape toate algele care trăiesc în M. Neagră se găsesc şi în zona din imediata apropiere a staţiunii. Fauna bogată şi la îndemîna cercetătorilor face posibilă cercetarea în laborator a fenomenelor fiziologice diverse legate de comportamentul organismelor salmastre.

În cadrul staţiunii, colective de cercetători de la universităţile din Iaşi, Bucureşti şi Cluj, au studiat cele mai diverse domenii de viaţă ale organismelor marine. Lucrările de fiziologie animală şi vegetală au preponderenţă în cadrul tematicii de cercetare a acestor colective. Colectivul condus de acad. Eugen Pora a efectuat numeroase experienţe în decursul anilor, privind comportamentul organismelor la variaţii de salinitate şi apoi cu privire la acţiunea diverşilor ioni. Pe baza acestor experienţe s-a elaborat noţiunea de *rhopie*, stabilindu-se că aceasta acţionează ca un factor de mediu ca oricare altul şi că joacă rol mai important decît salinitatea globală în răspîndirea organismelor în mediul salmastru. Peste 500 lucrări ştiinţifice valoroase au fost publicate pînă în prezent de colaboratorii staţiunii.

Prin lucrările efectuate aici, ştiinţa românească s-a afirmat şi în acest domeniu vast al cercetărilor marine. Valorificarea superioară a bogăţiilor sectorului de mare de care dispunem, precum şi intrarea ţării noastre în marea competiţie pentru valorificarea resurselor oceanice, impun o organizare mai eficientă a întregului potenţial de cercetare pentru dirijarea acesteia spre latura practică. În acest sens, indicaţiile date de către conducerea noastră de partid şi de stat cu privire la organizarea într-o formă nouă a cercetărilor marine au determinat înfiinţarea Institutului Român de Cercetări Marine (I.R.C.M.), cu sediul la Constanţa. Trebuie să amintim că a doua unitate de cercetare care a contribuit la elucidarea aspectelor ecologice ale Mării Negre a fost Staţiunea Oceanografică de la Constanţa, înfiinţată în 1932 de marele nostru hidrobiolog Grigore Antipa, organizatorul Muzeului de Ştiinţe Naturale din Bucureşti, instituţie care îi poartă numele. În această staţiune, astăzi secţia de pescuit a I.R.C.M., s-a urmărit mai ales viaţa peştilor şi metodele de pescuit, în funcţie de factorii fizico-chimici care pot constitui baza unui pescuit ştiinţific în M. Neagră.

Capitolul XV

APE SUPRASĂRATE (HIPERHALINE)

În categoria apelor polihaline se găsesc numeroase bazine din diferitele părţi ale lumii: Marea Moartă, golful Kara-Bugaz, lacurile de pe vechi saline surpate. Originea acestor bazine suprasărate este diferită. Unele provin din surpări tectonice pe falii vechi (Marea Moartă), altele din golfuri închise cu ape puternic evaporate (Lacul Techirghiol), altele din surparea minelor de sare (Ocna Mureşului, Ocna Sibiului, lacul Ursu-Sovata etc.).

Apele suprasărate se caracterizează printr-o mare sărăcie în organisme şi majoritatea lor servesc pentru extracţia de săruri necesare industriei

chimice. În continuare, vom prezenta succint două asemenea bazine, de tipuri diferite.

Marea Moartă. Este situată în falia S—N ce se întinde de la Lacul Tanganyca ca pînă la Lacul Genisaret, trecînd prin Marea Roşie şi Golful Eilat. Este înconjurată de roci vechi din epoca primară şi nivelul ei se găseşte în prezent cu aproape 400 m sub nivelul M. Mediterană. Are o lungime de circa 80 km şi o lăţime maximă de 17 km. Este împărţită în două bazine, cel nordic (63% din suprafaţă) avînd adîncimea maximă de 397 m, cel sudic (27%) fiind mult mai puţin adînc. Cele două bazine sînt separate printr-un istm care se ridică pînă la 40 m de la suprafaţă.

Pe coastele de vest ale mării se găsesc vestitele peşteri de la Qumrah, unde în deceniul al 5-lea al veacului nostru s-au găsit manuscrisele „de la Marea Moartă" care datează din secolul întîi înaintea erei noastre.

Faţă de 280 g săruri la litru cît are lacul Utah din America de Nord şi de 290 g/l cît are Golful Kara-Bugaz din Caspica de Est, Marea Moartă are, în medie, 320 g săruri la litru la suprafaţă (salinitatea totală variază în anumite limite an de an), iar la adîncimea maximă a bazinului nord 332 g/l. Este, astfel, cea mai sărată apă de la suprafaţa Pămîntului.

Anionii, în ordine descrescîndă, sînt: Cl, Br, SO_4, CO_3H, CO_3Ca. Cationii, în aceeaşi ordine: Na, Mg, Ca.

La fundul bazinului se găsesc depozite de săruri precipitate prin suprasaturaţie, alcătuite mai ales din gips, apoi aragonită şi calcită. Prezenţa SH_2-ului în apele de fund denotă existenţa unor bacterii care, în lipsa oxigenului, transformă sulfatul în hidrogen sulfurat.

Această enormă concentraţie de săruri este explicată prin evaporarea petrecută de-a lungul timpului (în pliocen bazinul era legat de M. Mediterană şi numai la sfîrşitul pleistocenului legătura s-a întrerupt). Prin evaporare apele s-au concentrat, o parte din săruri s-au depus pe margini şi le găsim astăzi pe coastele Mării Moarte ca depozite de gips. Bazinul sudic prezintă o evaporaţie şi mai accentuată decît cel nordic. Climatul regiunii este foarte arid şi a provocat această evaporaţie extraordinară.

Apele Mării Moarte au cîteva forme de viaţă unicelulară. Dintre cloroficee s-a găsit alga *Aphanocapsa* sp., flagelatul *Dunaliella viridis*, apoi amibe şi ciliate (descrise de I. Lepşi). Problema care nu a fost elucidată este aceea a posibilităţii unor vieţuitoare de a trăi la o concentraţie osmotică aşa de mare. Nu se cunoaşte încă nimic despre acest lucru.

Rîul Iordan, care se varsă în partea de nord a Mării Moarte aduce ape din ce în ce mai puţine, din cauză că sursa lui — lacul Genisaret — este utilizată la irigarea ţării, iar o parte din apele sale sînt folosite, de asemenea, la irigaţii. Ca urmare, balanţa dintre apa intrată şi cea ieşită (prin evaporaţie) se înclină din ce în ce mai mult în favoarea ultimei, ceea ce va face ca nivelul Mării Moarte să scadă cu încetul, salinitatea ei să crească şi, cu timpul, să se transforme într-o mixtură salină la limita de suprasaturaţie.

Lacul Techirghiol. Se află situat la 15 km sud de Constanţa şi este separat de Marea Neagră printr-un cordon litoral de circa 150 m lăţime, pe care trec şoseaua şi calea ferată Constanţa—Mangalia. El reprezintă un

vechi golf al Mării Negre, care s-a colmatat acum circa 200 de ani și apele lui s-au concentrat în săruri prin evaporație.

Lacul este alimentat mai ales în partea sa de sud (dar și în alte puncte) (vezi fig. 216) de o serie de izvoare dulci cu debit mic, în dreptul cărora se întîlnește o zonă salmastră și chiar oligohalină cu organisme de tip dulcicol: *Rivulogammarus pulex, Polycladodes album, Gasterosteus aculeatus* etc. Nivelul lacului este cu circa 50 cm mai jos decît al Mării Negre, ceea ce indică un bilanț hidric negativ în timpul verii (din cauza evaporației). Iarna, acest nivel se ridică și datorită infiltrațiilor de apă de mare prin nisipul cordonului litoral.

Salinitatea totală a apei lacului Techirghiol variază destul de mult de la un loc la altul, după apropierea sau depărtarea de izvoare. În regiunea sa mijlocie conținutul în săruri este între 80 și 140 g la litru, avînd raporturi ionice foarte asemănătoare cu acelea din Marea Neagră, ceea ce arată încă comunicația de ape de infiltrație cît și originea sa de fost golf marin.

Flora. În planctonul lacului s-au semnalat 38 de specii de organisme fitoplanctonice (majoritatea, forme salmastre), iar dintre macrofite abundă *Cladophora cristalina,* dar se mai găsesc izolat și specii din genurile *Enteromorpha, Horniscia, Rhizoclinium* etc. Toate aceste vegetale

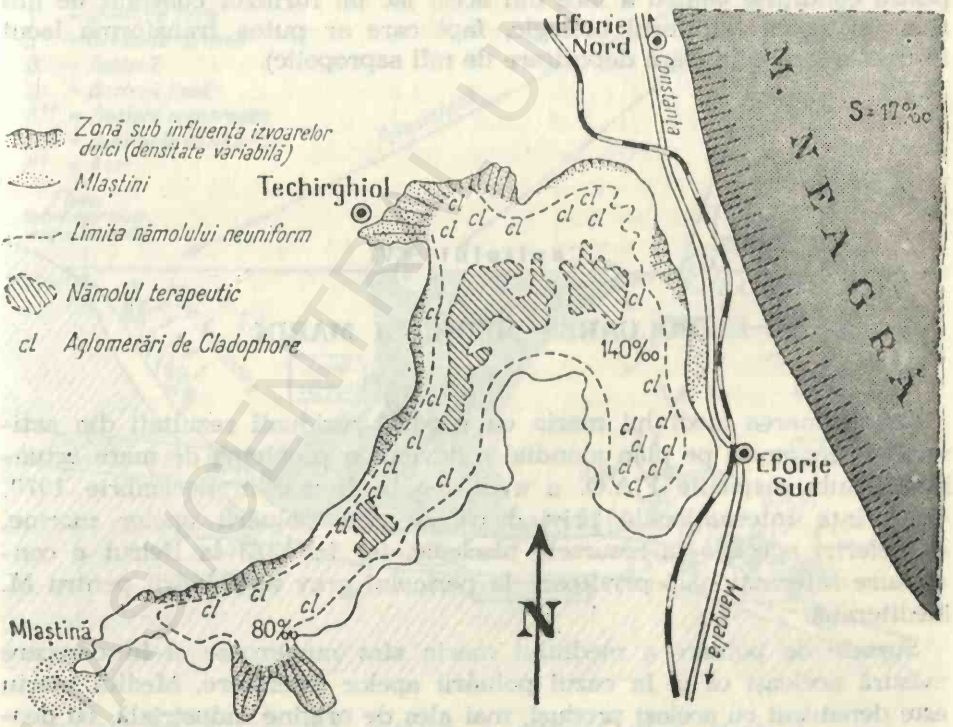


Fig. 216. Lacul Techirghiol (după I. Ţucu escu).

asigură apei lacului o abundentă cantitate de oxigen, a cărui concentrație nu scade niciodată sub 80% din capacitatea de saturație permisă de temperatură. Așa se explică abundența unei faune variate.

Fauna măruntă, planctonică, este constituită din circa 370 specii de protozoare, de rotifere *(Brachionus urceolaris)*, turbelariate *(Macrostoma hystri)*, polichete *(Pachydrilus)*, crustacei *(Gammarus locusta, Artemia salina)*, larve de insecte *(Ephydra, Eristalis, Chironomidae)*.

Predomină net din punct de vedere cantitativ *Artemia salina* (pînă la 2 500 indivizi la un litru) care, avînd hemoglobină, dă în general culoarea roșiatică apelor. Dar mișcarea valurilor și izbirea lor de țărm omoară multe din aceste filopode fine, pe care bacteriile (aproximativ 1 miliard la litru) le atacă și le descompun în produși organici care nu se mineralizează, ci cad la fundul apei (adîncimea maximă a bazinului 8 m), alcătuind aici un depozit de mîl de diferite categorii. În apropierea malului mîlul este amestecat cu cadavre întregi de *Artemia* și resturi terigene; mai spre larg mîlul conține resturi de cochilii (subfosile) și granule de nisip și numai în zona de mijloc, la adîncimi de 4—6 m, se depune un mîl fin, uniform, cremos, care se folosește la băile de nămol de la Techirghiol și Eforie. Acest mîl conține o serie de substanțe cu rol terapeutic (vitamine, hormoni).

Studiile făcute de I. Ț u c u l e s c u arată mijloacele prin care se pot păstra condițiile pentru a face din acest lac un furnizor constant de mîl și a nu strica echilibrul biologic, fapt care ar putea transforma lacul în unul suprahalin (fără depozitare de mîl sapropelic).

Capitolul XVI

POLUAREA MEDIULUI MARIN

Contaminarea mediului marin cu produși reziduali rezultați din activitatea economică pe plan mondial a devenit o problemă de mare actualitate. Sub auspiciile F.A.O. a avut loc la Roma, în decembrie 1970, Conferința internațională privind consecințele poluării apelor marine, cu referiri speciale la resursele piscicole, iar în 1973 la Beirut o consfătuire internațională privitoare la pericolul grav al poluării pentru M. Mediterană.

Sursele de poluare a mediului marin sînt numeroase și în oarecare măsură aceleași ca și în cazul poluării apelor interioare. Mediul marin este denaturat cu aceiași produși, mai ales de origine industrială, cu deosebirea că numai anumiți produși industriali se varsă direct în mare.

Factorii principali de poluare a mediului marin sînt:

1. Apele interioare încărcate cu deșeuri industriale, care se varsă direct în mări. Ajung în mări pe această cale mai ales substanțele greu degradabile, cum sînt acizii minerali, fenolii, unele săruri ale metalelor grele etc.

2. Atmosfera încărcată cu diferite suspensii și substanțe volatile. Prin sedimentare și antrenare de către apa din precipitații, acestea pot contamina mediul marin.

3. Exploziile nucleare subacvatice efectuate de unele state posesoare de arme nucleare.

4. Reziduurile de diverse tipuri, inclusiv radioactive, scurse sau depozitate în apele mărilor și oceanelor cum sînt substanțele de luptă neutilizate în scopul pentru care au fost produse.

5. Reziduurile de ardere din motoarele navelor de transport și militare care utilizează combustibili convenționali.

6. Produșii petroliferi după spălarea în larg a rezervoarelor tancurilor petroliere și de la sondele de extracție instalate pe platformele continentale.

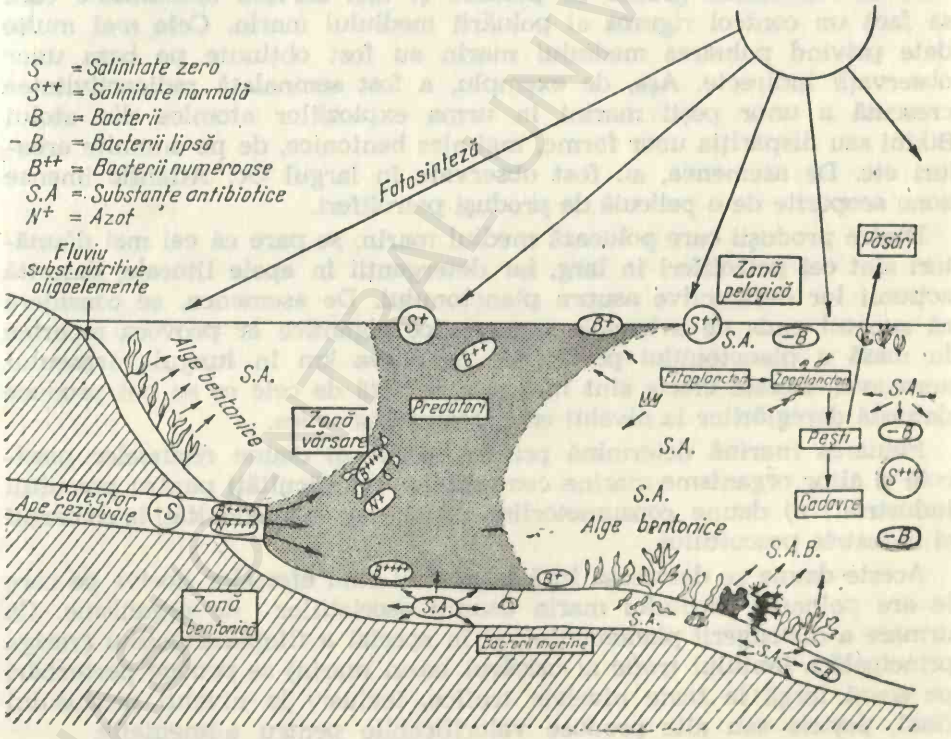


Fig. 217. Poluarea cu ape reziduale a mediului marin (după A u b e r t).

7. Produșii petroliferi împrăștiați după avarierea navelor transportoare,
8. Sunetul emis de avioanele supersonice în momentul depășirii barierei sonice („bangul"), precum și sunetul emis de acestea în general.

Recent, cercetările prof. M. Aubert, care conduce un mare institut de bacteriologie marină (CERBOM) la Nisa (Franța) au atras atenția asupra importanței infecției apelor marine de țărm, prin substanțele organice vărsate de apele reziduale ale orașelor, satelor și oricăror așezări omenești riverane. În zona de vărsare a acestora (fig. 217) se găsesc foarte numeroase bacterii (multe patogene care produc difteria, poliomielita etc.) ce se întind și spre larg, mai mult sau mai puțin departe (după curenții costieri, vînturi etc.). Aceste ape poluate scaldă de obicei plajele. Mai în spre larg, poluarea bacteriană poate scădea și chiar dispare din cauza substanțelor antibiotice secretate de algele bentice, de fitoplancton și de multe specii din zooplancton.

Pe seama florei bacteriene din apropierea canalelor de vărsare a apelor reziduale se dezvoltă o bogată faună de organisme predatoare; dacă este vorba de filtratoare (midii, stridii), atunci consumul acestora trebuie făcut sub strictă supraveghere igienică.

Cuantumul de poluare ce revine fiecăreia din aceste surse este greu de apreciat. De altfel, pînă în prezent nu există standarde universale care să stabilească gradul de poluare și nici servicii specializate care să facă un control riguros al poluării mediului marin. Cele mai multe date privind poluarea mediului marin au fost obținute pe baza unor observații indirecte. Așa, de exemplu, a fost semnalată radioactivitatea crescută a unor pești marini în urma exploziilor atomice din atolul Bikini sau dispariția unor forme, mai ales bentonice, de pe anumite arealuri etc. De asemenea, au fost observate în largul Oc. Atlantic imense zone acoperite de o peliculă de produși petroliferi.

Dintre produșii care poluează mediul marin, se pare că cei mai dăunători sînt cei petroliferi în larg, iar detergenții în apele litorale, datorită acțiunii lor destructive asupra planctonului. De asemenea, se consideră că sunetul emis de avioanele supersonice gigantice ar provoca moartea în masă a planctonului pe o fîșie de cîțiva km în lungul traseului aeronavei. Aceste efecte sînt însă minore față de cele ce se pot produce datorită dereglărilor la nivelul ecosistemelor acvatice.

Poluarea marină determină printre altele: *a)* daune resurselor piscicole și altor organisme marine comestibile; *b)* dificultăți pentru pescuitul industrial; *c)* daune consumatorilor (sănătate); *b)* dificultăți în comerțul și industria pescuitului.

Aceste daune se datorează însă în primul rînd efectelor nocive pe care le are poluarea mediului marin asupra asociațiilor de organisme. Ca urmare a distrugerii planctonului, și în special a fitoplanctonului (veriga principală a lanțului trofic al oricărui bazin marin) se produc perturbări pe scară largă la toate nivelele trofice, inclusiv la nivelul produsului final, peștele sau alte produse valorificabile pentru alimentație.

Distrugerea fitoplanctonului are, însă, și alte repercusiuni. Se știe că aproximativ 60% din oxigenul atmosferei se datorează fitoplanc-

tonului marin. Acesta eliberează oxigen în procesul de fotosinteză, care vine să compenseze necesarul de oxigen din atmosferă, consecutiv utilizării lui în diverse procese de ardere.

Contracararea acestor efecte necesită măsuri pe plan mondial și național pentru protejarea mediului marin împotriva extinderii și amplificării poluării. O primă măsură în acest sens vizează reducerea la maximum a poluanților direct deversați în bazinele acvatice; aceasta, prin reducerea poluării apelor continentale și prin interzicerea vărsării directe a deșeurilor de orice natură în mediul marin. Se pune totodată problema organizării controlului gradului de contaminare și a elaborării unor standarde și indicatori standardizați ai gradului de poluare. Organizațiile specializate de pe lîngă O.N.U., ca și cele naționale, este necesar să se preocupe mai intens de legiferarea protecției mediului marin față de acest flagel al timpului nostru.

Partea a patra

PRODUCTIVITATEA BIOLOGICĂ A BAZINELOR ACVATICE

Capitolul XVII

RAPORTURILE DE NUTRIȚIE DINTRE HIDROBIONȚI

BAZELE FIZIOLOGICE ALE TROFOLOGIEI

În capitolele precedente am prezentat dinamica factorilor fizici, chimici și biologici din bazinele acvatice. A reieșit faptul că organismele vii transformă materia organică și anorganică conținută în apă și, în urma acestui proces, ele își măresc greutatea. Procesul complex de interdependență dintre organism și mediu se traduce, în ultimă instanță, prin producerea de materie vie pe seama materiei lipsite de viață și a energiei din exterior.

Însuși termenul de *productivitate* biologică a fost supus discuției. Acesta a determinat și mai determină încă interpretări unilaterale. Confuzii mai persistă și în ceea ce privește termenul de *producție* biologică datorate mai ales faptului că unii autori au căutat să transpună termenii utilizați în producția materială a oamenilor și în domeniul apelor. Or, se știe că în bazinele în care omul nu intervine efectiv, totul se petrece prin prisma factorilor naturali, produsul însuși fiind un produs natural.

Orientarea ecologo-fiziologică a hidrobiologiei în etapa actuală a contribuit în mare măsură atît la precizarea terminologiei, cît și la abordarea problemei productivității pe baza raporturilor cenotice.

Ecosistemul constituie punctul de plecare în cercetarea și interpretarea datelor cu privire la productivitatea bazinelor. Dacă la începuturile sale hidrobiologia era dominată de concepția morfo-sistematică și ecologo-faunistică, astăzi studiul ei are la bază mai ales schimbul de substanțe și de energie în cadrul ecosistemului acvatic. *Metabolismul* constituie fenomenul principal în cercetarea pe astfel de bază a proceselor din bazinele acvatice. În acest sens, V. K. Beklemîșev (1951) propune ca acest capitol al biocenologiei să fie denumit *simfiziologie*. Aceasta privește circuitul materiei și energiei în cadrul unui ecosistem nu ca două grupe de procese distincte, ci ca un singur proces. Rezultă, deci, că morfologia ecosistemelor se încadrează, de asemenea, în acest tot unitar. O serie de autori consideră că tipurile de bazine acvatice sînt determinate de productivitatea organică, de circuitul substanțelor și al energiei în cadrul complexului, de specificul activității biocenozelor care intră în constituția lor. Tipul biocenozei este, în acest context, determinat de interrelațiile nutritive între speciile ce compun biocenoza. La rîndul lor, biocenozele sînt și ele într-o anumită interdependență funcțio-

nală. Din acest punct de vedere, în bazinele acvatice se întîlnesc trei tipuri principale de asociații, și anume:

— *asociații autoheterotrofe*, localizate mai ales în zona trofogenă a bazinelor acvatice, din compoziția lor făcînd parte atît organismele care sintetizează substanța organică pe seama celei minerale cu ajutorul energiei solare, deci producătorii primari, cît și animalele și bacteriile (heterotrofele);

— *asociații heterotrofe*, formate din plante saprofite și animale, asociații care ocupă mai ales zona trofolitică a bazinelor acvatice;

— *asociații microbiene*, prezente mai ales în depozite de diferite tipuri ale formațiunilor acvatice, în profunzimea acestora.

Tipul de biocenoză este dependent de complexitatea relațiilor dintre organismele ce aparțin adesea la grupe extrem de îndepărtate între ele sub raport filogenetic. Dezvoltarea în comun a acestora duce la stabilirea unor raporturi cantitative și calitative între populații, ce se stabilesc și între organisme, pe de o parte, și suportul lor material, pe de altă parte (biotopul). *Biotopul este cadrul material în care organismele își găsesc substanțele și energia necesară proceselor lor metabolice.* Ciclul biologic se petrece în acest cadru. Dat fiind însă faptul că organismele adesea nu-și desfășoară întregul ciclu de dezvoltare în același biotop, rezultă că acestea vehiculează substanța și energia de la un complex biocenotic la altul în cadrul aceluiași bazin, uneori aria de dispersare extinzîndu-se în mai multe bazine.

Abordarea pe baze energetice a problemei productivității biologice a bazinelor acvatice incumbă cunoașterea vitezei de circulație a substanțelor ce intră în constituția organismelor vii, a cantității de energie inclusă în substanțele organice nou formate, cît și a specificului calitativ al modificărilor materiei și energiei. Toate aceste studii se fac cu scopul utilizării în anumite sectoare (piscicol, industrial, igienic și alimentar) a apei diverselor bazine.

Necesitățile tot mai mari ale populației Pămîntului în proteine, apă industrială și potabilă, au necesitat extinderea studiilor și în domeniul apelor marine și oceanice. Se pune tot mai acut problema lărgirii domeniului de intervenție a oamenilor în dirijarea spre folosul societății a proceselor complexe de natură biologică care se petrec în vastul domeniu al apelor oceanice.

Relațiile de nutriție dintre hidrobionți sînt relații complexe. Hrana constituie unul dintre factorii cei mai importanți din contextul factorilor de mediu, putînd juca rol de accelerator sau, dimpotrivă, de inhibitor al dezvoltării organismelor ce compun biocenoza. Spre deosebire de alți factori de mediu care se pot măsura cu precizie, determinarea conținutului în hrană al apei se face greu. Studiul relațiilor de nutriție între hidrobionți se poate efectua mai bine în bazinele interioare, care sînt mai reduse ca dimensiuni. Datorită abordării într-un mod cu totul nou a raporturilor de nutriție dintre organisme, pe baze fiziologice, criteriul energetic fiind pus pe primul plan, s-au obținut date deosebit de utile pentru studiul de ansamblu al raporturilor dintre organisme.

MATERIA ORGANICĂ ŞI TRANSFORMĂRILE EI ÎN BAZINELE ACVATICE

Materia organică din bazinele acvatice se află sub formă de organisme vii şi sub formă de materie organică moartă, în diverse stări de dezagregare, sau sub formă de cadavre. Cea mai mare parte provine din surse intrinseci, adică este rezultatul activităţii sintetizatoare şi transformatoare a organismelor care populează respectivul bazin. O parte, de altfel destul de neînsemnată, din materia organică provine din afara bazinului, constituind ceea ce se numeşte substanţă organică *alohtonă*.

Materia organică este produsul principal care asigură dezvoltarea lumii vii; ea stă la baza circuitului biologic al bazinelor acvatice. Din totalul substanţelor ce formează „piramida alimentară" a bazinelor acvatice, cele organice reprezintă peste 50%. Pe baze de calcul s-a determinat care este contribuţia substanţei organice la asigurarea circuitului materiei în anumite formaţiuni distincte. Pentru circuitul biologic al materiei în bazinele acvatice, important este nu atît masa totală de energie biologică ci, mai ales, raportul dintre materia organică vie şi cea organică lipsită de viaţă la un anumit moment în bazin $\left(\frac{C + N \text{ viu}}{C + N \text{ mort}}\right)$. Acest raport prezintă mari variaţii de la un bazin la altul sau chiar de la o arie geografică la alta, în bazinele oceanice. Productivitatea biologică este dependentă mai ales de rapiditatea proceselor care pun în libertate elementele biologice (C, N, P) şi de posibilitatea dispersării acestora în mediu. Rapiditatea cu care are loc transformarea substanţei organice în substanţe minerale este, în general, mare. După S. I. Kuzneţov (1925), datorită proceselor de fotosinteză în timp de 24 ore, jumătate din cantitatea de azot existentă în bazinele acvatice este trecută în corpul organismelor vii. Procesul de neoformare este dublat de procesul de descompunere a detritusului organic şi de remineralizare a acestuia. În acest proces există încă mari greutăţi în delimitarea acţiunii bacteriene de intervenţia unor enzime libere în apă, care acţionează mai ales asupra substanţelor organice dizolvate. Este greu de delimitat în acest proces graniţa dintre fenomenele fizico-chimice şi cele biologice. S-a dovedit experimental că degradarea după moarte a nannoplanctonului se poate efectua şi cu participarea fermenţilor activi din mediu. Aceasta explică, de altfel, şi rapiditatea cu care se produce eliberarea substanţelor minerale în zona pelagială, consecutiv declinului fitoplanctonic, deşi pelagialul este în general sărac în bacterii.

Sursa principală de materie organică din apă o constituie autotrofele şi chimiosintetizantele. Autotrofele sînt organisme dependente de lumină; de aici răspîndirea lor pe arii restrînse în adîncime (mai ales pînă unde lumina mai poate pătrunde). În schimb, chimiosinteza se poate desfăşura independent de lumină, cu condiţia să existe în mediu substanţă organică şi minerală asupra căreia bacteriile să acţioneze. În abisurile oceanelor probabil că substanţa organică solvată joacă principalul rol pentru menţinerea şi continuarea ciclului biologic al animalelor de aici. Cercetările făcute în Marea Caspică au scos în evidenţă faptul că 85,7% din substanţa organică a bazinului este furnizată de către bacterii, 10,7% de către alge, iar restul de 3,6% de către animalele planctonice şi bentonice.

În bazinele continentale mici, ponderea fitobentosului și microfitobentosului în producerea de materie organică este esențială pentru productivitatea bazinelor. În sectorul platformei continentale a oceanelor, de asemenea microbentosul joacă un rol important ca furnizor de materie organică.

Din punct de vedere calitativ, există mari diferențe între bazine în ceea ce privește compoziția substanțelor organice. Proteinele variază ca valoare fracționară de la un bazin la altul între 22—67%, hidrocarburile între 29—81%, iar grăsimile între 1—13%. Desigur, aceste variații sînt dependente de proporția în care diverșii compuși se găsesc în compoziția organismelor vii. Astfel, fitoplanctonul conține în medie: 52% substanțe solubile (zaharuri, aminoacizi) și 34% proteine; zooplanctonul are o compoziție diferită, și anume: 26% substanțe organice solubile și 57% substanțe proteice.

Analiza chimică a planctonului din Marea Albă, făcută de V. Speranski, a evidențiat următoarele proporții în diverse substanțe: azot total: 8,65%; zaharuri și hemiceluloză: 31,72%; celuloză: 10,93%; substanțe grase: 15,20%: complex lignino-lemnos: 33,50%.

În compoziția planctonului marin au fost puse în evidență, în medie, 44—82% proteine, 2—45% substanțe hidrocarbonate și 2—20% grăsimi neutre. Conținutul în proteine al unor alge este foarte redus, în schimb proporția de polizaharide, substanțe pectice și hidrați de carbon simpli este crescută. În depozite, de asemenea, se remarcă o mare variație în ceea ce privește conținutul în substanțe organice. Aici de multe ori domină compuși nedisociabili ca, de exemplu, acizii humici. Este important de cunoscut asemenea compoziții pentru faptul că bacteriile acționează selectiv, în sensul că la început sînt atacate substanțele organice mai simple și numai ulterior substanțe complexe (hemiceluloza, celuloza, lignina și chitina).

Materia organică moartă reprezintă substratul pe care își desfășoară activitatea bacteriile la toate nivelele bazinului. Dar nu întreaga substanță organică poate fi remineralizată. Ca urmare, o anumită cantitate se acumulează în depozitele și sedimentele de fund, unde, de asemenea, suferă un proces de transformare sub acțiunea altor bacterii, mai ales anaerobe, localizate aici.

În hidrobiologie prezintă interes mai ales viteza cu care se desfășoară procesul de remineralizare a materiei organice. Pentru aceasta, trebuie cunoscute cantitățile de azot și de fosfor remineralizate, cantitatea de oxigen consumat, precum și cantitățile de carbon, azot și de fosfor nedescompuse. Dacă în natură acest experiment este greu de reprodus, în laborator însă experimentul a reușit, determinîndu-se și tipul de reacție după care se desfășoară procesul de descompunere. Descompunerea substanței organice are loc după tipul de reacții monomoleculare de ordinul I, avînd o viteză de desfășurare dată de relația:

$$V = \frac{dx}{dt} = k_1(a - x),$$

în care V este viteza procesului în timp; a — cantitatea inițială de substanță; x — cantitatea descompusă; t — timpul; k — constanta de viteză.

Pe baza acestei relații s-au determinat o serie de constante ca cea a fosfatizării *(Kp)*, consumului de oxigen *(K o)* etc. Temperatura influențează valoarea constantei, în sensul că la o anumită temperatură, cuprinsă între 15—25°C, constanta de viteză oscilează între 0,038—0,108. Oscilația este mare dacă ținem seama că la o constantă de 0,038 proporția descompunerii substanțelor organice este de 58%, iar la 0,108 de 91%, în timp de 10 zile.

Constantele de disociere variază și după asociație. Planctonul marin are constante mici de disociere, diatomeele au constante mari, iar nannoplanctonul cele mai mici. Nannoplanctonul, de altfel, se descompune în întregime în pătura de 100 m a apelor marine, iar microplanctonul se sedimentează chiar la cele mai mari adîncimi, deci este descompus greu pe parcurs („ploaia" de cadavre din oceane se datorează mai ales microplanctonului rezistent la descompunere).

Raportul dintre cantitatea de substanță organică vie și substanță organică moartă din diversele bazine este influențat în cea mai mare măsură de activitatea microorganismelor, în special de către bacterii. În diferitele bazine acvatice, raportul diferă foarte mult. În apele curgătoare, raportul este de 1/2; în lacuri, raportul este cuprins între 1/20—1/40, iar în oceane, între 1/200—1/400, deci crește cam de zece ori de la un tip de formațiune acvatică la altul. Cunoașterea raportului pe zone este de mare importanță, deoarece valoarea lui poate constitui un indiciu al eficacității activității biocenozelor de tip autoheterotrof sau heterotrof. Raportul dă posibilitate cercetătorului să facă aprecieri asupra proceselor ciclice de formare și distrugere a materiei organice, de formare a compușilor minerali etc.

Cercetarea substanțelor organice în cadrul dinamic al proceselor din bazine este destul de greu de realizat, mai ales din cauza impreciziei și complexității aparaturii folosite pentru determinare. Datele actuale duc la concluzia că în bazinele marine și dulcicole are loc o acumulare de substanțe organice stabile, greu atacabile de către factorii mineralizatori.

NUTRIȚIA AUTOTROFELOR

Mediul acvatic este o soluție eterogenă de substanțe minerale și organice. Organismele care populează acest mediu viu în contact cu substanțele dizolvate și cu celelalte organisme. Din mediu, organismele își iau și energia necesară construcției de materie organică. În raport de energia utilizată, organismele autotrofe se împart în *chimiosintetizante*, adică acele organisme care folosesc energia obținută prin reacții chimice, și *fotosintetizante*, care utilizează energia luminoasă pătrunsă în apă.

Chimiosinteza. Este un proces mai puțin evoluat de sinteză organică. Cercetări relativ recente au scos în evidență faptul că un proces chimiosintetizant pur nu există. Majoritatea chimiosintetizantelor sînt și heterotrofe în același timp. Sulfobacteriile, considerate ca fiind prin excelență

chimiotrofe, degradează substanțele organice pentru sintetizarea compușilor organici proprii. Cercetările au evidențiat faptul că 90% din carbonul asimilat de acestea are proveniență organică și nu minerală.

Bacteriile care intervin în ciclul azotului *(Nitrobacter)* produc substanțe organice pe seama CO_2, oxigenului și apei, conform reacției:

$$12\ NO_2H + 5O_2 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons 12NO_3H + 1/6\ C_6H_{12}O_6$$

Energia necesară procesului este obținută din descompunerea substanțelor organice. Sulfobacteriile prin oxidări aerobe produc energie, iar în cele anaerobe o utilizează în sinteza de substanțe organice:

aerob
$$\begin{cases} SH_2 + 1/2O_2 \rightarrow S + H_2O + E \\ 2S + 3O_2 + H_2O \rightarrow 2SO_4H_2 + E \end{cases}$$

anaerob
$$\{\ CO_2 + 2SH_2 \rightarrow HCHO + H_2 + 2S$$

Atît compușii necesari procesului de sinteză bacteriană cît și energia sînt furnizate prin cuplarea proceselor aerobe și anaerobe.

Fotosinteza. Constituie *principalul proces prin care organismele vegetale verzi — în exclusivitate —, datorită pigmenților asimilatori, leagă la nivel celular energia extraterestră cu materia minerală prezentă în apă,* preluînd CO_2 și eliberînd O_2. În urma procesului rezultă glucoza, care apoi poate fi convertită în alți produși organici de structură sau cu rol energetic.

Sinteza cu ajutorul pigmenților asimilatori se efectuează atît de către bacterii, cît și de plantele cu clorofilă. Ambele grupe de organisme captează energia solară cu ajutorul pigmenților. În ceea ce privește desfășurarea proceselor de sinteză organică, există deosebiri între sinteza bacteriană și cea a plantelor verzi, constînd în faptul că în primul caz nu se eliberează oxigen, ci acesta este legat de produsul care a jucat rol de donator de hidrogen, rezultînd astfel un produs oxidat, pe lîngă hidratul de carbon sintetizat.

Pentru nutriția prin fotosinteză, plantele trebuie să găsească în mediu CO_2 și substanțe minerale. Mediul dulcicol sau marin constituie pentru organismele fotosintetizante adevărate soluții nutritive care le asigură toate componentele materiale necesare sintezei de substanțe organice. Modul de preluare a substanțelor minerale de către plante este mai ales prin osmoză. În procesul de fotosinteză, fosforul joacă rolul de compus care preia energia rezultată din descompunerea moleculei de apă în prezența clorofilei și a energiei solare și, sub formă de molecule de ATP (legături labile), este transmisă tuturor organismelor vii. „Setea" de fosfor a plantelor acvatice este imensă. La timp scurt de la adăugarea unei cantități reduse de fosfat marcat în apă, talul algelor se impregnează cu fosfor în tot volumul său, iar la nivelul anumitor segmente se aglomerează cantități extrem de mari de fosfor radioactiv (fig. 218). De

Fig. 218. Captarea fosforului radioactiv de către alga *Cystoseira* (autoradiografie).

altfel, s-a amintit mai înainte că lipsa sărurilor cu fosfor în mediu poate cauza limitarea dezvoltării fitoplanctonului și chiar declinul acestuia pentru un anumit timp.

NUTRIȚIA HETEROTROFELOR

Prin *heterotrofe* se înțeleg organismele care nu își pot sintetiza compușii organici necesari metabolismului pornind de la compuși minerali simpli și energia din mediu, ci utilizează pentru nutriție substanțe organice gata formate, pe care le transformă prin lanțul proceselor de digestie și apoi de resinteză în compuși organici specifici. În această categorie se încadrează animalele acvatice care se nutresc cu alte organisme, plante și animale. Acestea mai poartă și numele de „consumatori". Consumatorii, în raport de locul pe care îl ocupă în lanțul proceselor trofice, pot fi de diferite ordine, și anume: de ordinul I, cînd se hrănesc cu plante; de ordinul II, cele care consumă alte animale ce se hrănesc la rîndul lor cu plante; de ordinul III etc.

În raport de diversitatea organismelor care constituie hrana animalelor, acestea pot fi:

— *organisme eurifage* — consumă viețuitoare diferite ca specii;

— *organisme stenofage* — consumă doar cîteva specii de organisme;

— *organisme monofage* — se hrănesc cu organisme aparținînd unei singure specii animale sau vegetale. Astfel, balenele folosesc drept hrană exclusivă crustaceul *Euphasia superba* (din apele reci periantarctice).

După apartenența hranei la o anumită asociație, animalele pot fi:

— *planctonofage* și *sestonofage* — se hrănesc cu plancton și seston;

— *bentonofage* — folosesc ca hrană plante sau animale bentonice;
— *detritifage* sau *detritivore* — consumă detritus organic.

Nutriția se realizează pe două căi, și anume: *a)* nutriția *prin osmoză; b)* nutriția *prin filtrare*, prin apucarea și apoi digerarea hranei în aparatul digestiv și absorbția ei în lichidele circulatorii și apoi în celule, unde au loc procese de formare a constituenților proprii.

Nutriția prin osmoză. Este posibilă mai ales la organismele care posedă organe active (de exemplu, branhii) de schimb cu mediul. Acest tip de nutriție a fost fundamentat teoretic de către A. Pütter (1909), care susținea că majoritatea organismelor acvatice mici își iau hrana direct din apă, prin osmoză. După acest autor trec astfel, datorită gradientului de concentrație, mai ales substanțele organice cu moleculă mică și miscibile cu apa. În sprijinul teoriei sale, A. Pütter și adepții acestei teorii aduc o serie de experiențe efectuate pe diverse organisme marine. Pütter a experimentat mai ales pe organisme din golful Kiel. Substanțele organice solvate provin din activitatea metabolică a bacteriilor și fotosintetizantelor, precum și din autoliza cadavrelor. Pătrunderea are loc la nivelul membranelor de schimb, adică mai ales la nivelul branhiilor și al tegumentului.

Dovada cea mai concludentă a faptului că unele organisme animale se hrănesc prin osmoză o constituie posibilitatea de cultivare a paramecilor și a copepodelor în soluții sterile cu adaus de substanțe organice, între care și aminoacizi, în condiții de mediu neutru. Mormolocii de *Rana temporaria* cresc în greutate și se metamorfozează în soluție de peptonă și zaharoză. După A. Pütter, copepodele planctonice iau 97% din hrană în acest mod, restul de 3% fiind constituit din plancton mărunt. Consumul de oxigen al copepodelor este de 9 ori mai mare decît ar necesita arderea completă a microorganismelor ingerate. Un alt argument în sprijinul acestei teorii ar fi și constatările cu privire la dispozoția pe verticală a zooplanctonului. Dacă zooplanctonul s-ar hrăni în exclusivitate cu organisme fitoplanctonice vii, atunci maximul de densitate zooplanctonic ar trebui să coincidă cu cel fitoplanctonic. Or, s-a constatat că maximul de densitate zooplanctonic se află la 200—400 m adîncime, pe cînd cel fitoplanctonic în medie la 25 m adîncime. Aglomerarea zooplanctonului la această adîncime se explică prin faptul că zooplanctonul marin (care nu face migrații spre suprafață) se hrănește mai ales cu substanțele dizolvate în apă și care provin din autoliza fitoplanctonului, care cade spre adînc după încheierea ciclului vital.

Adausul de glucoză în vase ce conțin crustacei mici determină o creștere a consumului de oxigen al animalelor de 4 ori pentru fiecare 10 mg adaus la litru. Aceasta demonstrează că glucoza pătrunde în corpul animalelor și amplifică procesele de ardere. Larvele de *Anopheles* sp. cresc și se dezvoltă în apa de rîu filtrată, iar adausul de tuș trece în intestinul acestora (K. V. Beklemișev). Experiențele efectuate de E. Pora cu pui de aterină au arătat că aceștia cresc în greutate cu 300% în timp de 7 zile, dacă în apa în care trăiește se adaugă leucină.

Mulți nu admit teoria nutriției prin osmoză, cel puțin în forma în care a fost concepută de autorul ei. Argumentele aduse în defavoarea teoriei sînt numeroase. O primă grupare de argumente este aceea că pentru nutriția prin osmoză ar trebui ca substanțele dizolvate să aibă o

concentrație suficient de mare pentru a învinge gradientul de concentrație dintre interiorul și exteriorul acestor organisme. V. Krogh demonstrează că marea majoritate a substanțelor organice din apă se află dizolvate sub formă de micele coloidale mici și nu de molecule posedînd grupări hidrofile. Substanțele coloidale, avînd moleculă mare, nu străbat ușor peretele branhial sau tegumentul. Pentru alții, teoria este greu de acceptat pentru faptul că prin osmoză nu s-ar putea realiza o selecție a principiilor alimentari, decît dacă se acceptă rolul „digestiv-absorbție" al tegumentului și branhiei, dar acest rol nu a fost dovedit. Se știe, de asemenea, că protozoarele pot încorpora în protoplasmă fragmente de țesuturi pe care le digeră apoi cu ajutorul sucurilor digestive, vacuola avînd și rol în absorbție, care se face selectiv.

Teoria nu poate fi respinsă total, cum s-a încercat. Astăzi se cunoaște că unele substanțe ectocrine joacă rol important chiar în dinamica populațiilor; or, acestea cu siguranță acționează după ce au fost absorbite din mediu, unde se găsesc sub formă de molecule. Teoria este valabilă mai ales pentru organismele animale inferioare, precum și pentru fenomenele de toxicologie acvatică. Formele larvare, de asemenea, pot utiliza substanțele din mediu pentru nutriție, chiar dacă nu în exclusivitate.

Nutriția prin filtrare și decantare. Este, de asemenea, un mod de hrănire foarte răspîndit printre formele acvatice. Multe dintre ele au dimensiuni mici și se hrănesc cu organisme vegetale și mai mici, pe care trebuie să le preia din apă. De asemenea, unele forme bentonice fixe *(Balanus)* și dotate cu organe care antrenează apa spre aparatul bucal au singura posibilitate de a reține hrana prin acest mod. Deci, organisme de toate dimensiunile și răspîndite în toate ariile topografice ale apelor utilizează acest mod de procurare a hranei. Toate „filtratoarele" digeră hrana în interiorul aparatului digestiv, filtrarea fiind numai procedeul de a-și procura hrana. Organismele *filtratoare* reține chiar particulele coloidale, dar mai ales formele nannoplanctonice și microplanctonice. Cele mai multe forme filtrează activ. Se cunosc însă și forme, atît dulcicole cît și marine, care filtrează sau rețin pasiv hrana, dar secretă dispozitivele de care aceasta este reținută. Acestea ingeră și produsele de reținere a hranei, după care secretă altele noi *(Urechis copito)*. Condiția ca filtratorii să poată supraviețui este ca în mediu să existe fitoplancton și bacterii care să satisfacă cerințele metabolice, mai ales dacă se ia în considerare și faptul că procesul de filtrare este în general activ, deci se efectuează cu consum de energie. Trebuie avut în vedere și faptul că nu toate formele filtrate și reținute au valoare nutritivă egală, unele fiind chiar dăunătoare.

Cantitățile de apă filtrată diferă foarte mult. Astfel, larvele țînțarului anofel filtrează cantități de apă ce depășesc de sute de ori volumul corpului lor; midiile filtrează într-o oră circa 1 000 cm^3 apă/individ. Prin aceasta se explică de altfel și rolul imens jucat de „biofiltre" în natură. Filtrarea nu este un act pur mecanic. Dafniile, de exemplu, separă componentele utile de cele neutilizabile ca hrană. Adausul experimental de vată de sticlă la hrana acestora a dus la selectarea completă a acesteia, astfel că în intestin nu a apărut vata de sticlă.

Sedimentatorii produc un curent de apă circular spre aparatul bucal, particulele de hrană antrenate sedimentîndu-se într-o anumită porțiune a acestuia. În momentul cînd produsul sedimentat atinge un anumit volum, animalul ingeră întreaga cantitate sedimentată, pe care o digeră. Curentul de apă în acest caz poate fi provocat de bătaia cililor sau a tentaculelor, dispuse de obicei peribucal.

Animalele acvatice de dimensiuni mai mari sînt de obicei *răpitori*. Acestea prind prada și o introduc în aparatul digestiv. Există, de asemenea, și o serie de forme mici care sînt răpitoare. Calea de identificare și de captare a prăzii este foarte diferită. Astfel, unele „pipăie" prada cu ajutorul tentaculelor, apoi o imobilizează cu ajutorul unor produși toxici, după care o înghit în totalitate. Altele pîndesc prada din ascunzișuri, apoi o atacă cu rapiditate. Sînt și forme care urmăresc activ prada și o atacă. Animalele acvatice de pradă sînt mai vivace, au aparatul bucal adaptat pentru sfărîmarea crustelor, precum și dispozitive cu ajutorul cărora prind prada. Organele de simț au suferit, de asemenea, modificări adaptative în raport de natura prăzii și de posibilitățile acesteia de a se apăra.

COMPOZIȚIA HRANEI ANIMALELOR ACVATICE

Digestibilitatea și valoarea nutritivă a hranei depind de partea ce revine diverselor componente organice în constituția de ansamblu a acesteia. Un conținut mai bogat în proteine influențează asupra fizionomiei animalelor. O hrană bogată în proteine este mai complet utilizată, mai digerabilă. Plantele au în general un conținut mai crescut în hidrați de carbon, pe cînd animalele, dimpotrivă, au un conținut mai bogat în proteine. Mai ales polizaharidele scad valoarea nutritivă a hranei, datorită faptului că unele din ele sînt greu digerabile. Unele filtratoare, de exemplu, elimină adesea în întregime organismele fitoplanctonice reținute, deși acestea trec prin aparatul digestiv. Dacă hrana se digeră slab, randamentul procesului de filtrare este și el redus, deoarece numai o parte din organismele reținute vor suferi procesul de digestie. Un randament și mai scăzut obțin detritivorele, care ingeră o cantitate mare de detritus, din care rețin adesea foarte puțin. Detritusul de multe ori conține cantități relativ mari de substanțe anorganice. Cunoașterea compoziției chimice a hranei este absolut necesară pentru studierea științifică a raporturilor de nutriție dintre organismele acvatice. Eficiența transformărilor hranei în cadrul lanțurilor trofice depinde mai ales de proporția în care intră în constituția hranei principalele componente organice, glucidele, lipidele și protidele.

Compoziția chimică a planctonului suferă însă importante variații în funcție de speciile care îl compun și de raporturile lor cantitative (tab. 33). Cercetările din ultimii ani în domeniul oceanologiei au reușit să evidențieze o serie de laturi calitative și cantitative ale componenței chimice a planctonului. Dintre formele analizate, diatomeele au cel mai ridicat conținut de substanțe minerale, în schimb conținutul în proteine este scăzut. Dinoflagelatele, ciliatele și copepodele conțin proteine în

Tabelul 33

Compoziția chimică a planctonului marin
(după Hagmeier, 1961)

Organismele analizate	Greutatea proaspătă (mg)		Greutatea uscată (mg)		
	Total	Substanță organică	Substanțe organice	Proteine	Cenușă
Diatomee	1,1	0,42	0,11	0,04	0,13
Dinoflagelate	1,05	0,90	0,25	0,09	0,02
Alte flagelate	1,04	0,79	0,18	0,08	0,01
Ciliate	1,05	0,82	0,18	0,08	0,02
Copepode	1,04	0,71	0,16	0,07	0,01

proporții mai mari și au un conținut redus de săruri minerale. Organismele acvatice, în general, au un bogat conținut de proteine (tab. 34). Comparativ însă, fitoplanctonul marin este mai sărac în proteine decît cel dulcicol: primul conține, în medie, 20% proteine, pe cînd ultimul 40%. Această situație se datorează cantității crescute de alge albastre din apele dulci, care sînt bogate în proteine.

Proporția de substanțe anorganice este dependentă de consistența părților dure ce intră în consituția organismelor. Moluștele bivalve au un conținut bogat în substanțe anorganice, datorită exoscheletului foarte dezvoltat al acestora. Dacă se ține seama că astfel de părți dure nu au valoare alimentară, rezultă că asemenea organisme dau un slab randament în nutriție.

Tabelul 34

Compoziția procentuală la cîteva organisme marine

Organismele analizate	Proteine	Grăsimi	Glucide	Cenușă
Peridinee	13,00	1,30	41,50	5,20
Midii	54,86	7,07	26,00	12,00
Copepode	59,00	7,00	20,00	9,30
Scrumbii	56,42	10,13	0,16	9,41
Plancton global de toamnă	21,80	3,20	68,90	15,70

Animalele exploatabile, în special peștii de apă dulce sau marini, au o compoziție chimică comparabilă cu cea a vitelor cornute, în unele cazuri fiind chiar mai bogate în proteine (tab. 35). Mari variații ale conținutului de proteine, glucide și lipide se semnalează atît în funcție de specie, cît și în raport de mediul din care provin. Sub raport alimentar, carnea de pește este mai valoroasă decît alte produse din carne, datorită

Tabelul 35

Compoziția procentuală a cărnii unor pești, comparativ cu carnea de bovine

Organismul analizat	Apă	Proteine	Grăsimi	Cenușă
Nisetru	72	16	11	1,0
Somon	57	20	21	2,0
Babușcă	78	19	2	1,5
Crap	77	17	4,5	1,5
Șalău	80	18	0,5	1,5
Scrumbie	64	19	16	1,0
Vacă îngrășată	56	18	25	1,0
Vacă semigrasă	72	19	8	1,0

conținutului său mai crescut în aminoacizii esențiali pe care organismul uman nu-i poate sintetiza. De asemenea, carnea de pește conține multă vitamină din complexul B și D, cu origine în planctonul vegetal.

LANȚURILE TROFICE DIN BAZINELE ACVATICE

Prin *lanț trofic* înțelegem interrelația dintre consumatori și pradă sau materialul consumat. Consumatorii utilizează diverse surse de hrană pentru satisfacerea nevoilor lor nutritive. Astfel, unele utilizează hrană vegetală în exclusivitate, altele se hrănesc cu animale, iar altele cu resturi organice, cu detritus. Nu toate organismele pot utiliza sursele primare de hrană: fitoplanctonul sau bacteriile. Din această cauză, se susține că la nivelul unui bazin, oricît de mare sau redus ar fi ca dimensiuni, între organismele care-l populează se stabilesc anumite raporturi de nutriție, care se repercutează asupra producției bazinului respectiv. *Termenul inițial* al cărui lanț trofic îl constituie producătorii primari. *Termenul final* este considerat mai ales de acele organisme care scot din bazinul respectiv materie organică, indiferent de la ce nivel al lanțului trofic.

Circuitul trofic poate îmbrăca diferite forme în raport cu zona în care se realizează. În zonele adînci ale bazinelor oceanice, termenul inițial al lanțului trofic poate fi constituit din bacterii. În regiunile mai puțin accesibile omului și altor organisme care să scoată din bazin materia organică, circuitul trofic poate lua un aspect particular.

Lanțurile trofice sînt extrem de diversificate și nică destul de puțin cunoscute în detaliu. Pentru precizarea factorilor care intervin în productivitatea bazinelor, cunoașterea amănunțită a desfășurării acestora

este necesară. Pentru o mai bună edificare, redăm schematic cîteva lanțuri trofice posibile:

1. *diatomee, peridinee* ⟶ *copepode* ⟶ *scrumbii* ⟶ *om*
2. *plancton* ⟶ *crustacei* ⟶ *moluște* ⟶ *păsări*
3. *plancton* ⟶ *Euphausia* ⟶ *balene*
4. *alge fixe* ⟶ *echinoderme* ⟶ *om*
5. *detritus* ⟶ *moluște* ⟶ *coregon* ⟶ *om*
6. *diatomee* ⟶ *stridii* ⟶ *om*
7. *detritus* ⟶ *bacterii* ⟶ *pești bentonici* ⟶ *om*

Cel mai lung lanț trofic semnalat se compune din șase inele (S. A. Zernov):

8. *alge* → *crustacei* → *sardeluțe* → *merlang* → *Gadus* → *om*

iar cel mai scurt din două:

9. *alge (Laminaria)* → *om*
10. *alge* → *sirenide*

Dacă luăm în considerare formațiunile biologice mari, lucrurile se complică și mai mult. Dar asemenea lanțuri sînt posibile și ele se realizează tot prin intermediul relațiilor dintre indivizii asociației. În asemenea lanțuri trofice, numărul formelor care intră în relații de hrană poate fi extrem de mare, de ordinul zecilor sau chiar al sutelor. Raporturile de nutriție dintre acestea pot fi de o complexitate greu de lămurit.

În cadrul lanțurilor trofice se produc nu numai schimburi de materie, ci și schimburi energetice. Trecerea de la o etapă la alta, în cadrul unui lanț trofic, presupune pierdere de energie și materie în cadrul lanțului de fenomen. De la o verigă la alta, sub raport cantitativ, are loc o reducere a masei de substanță și de energie, dar are loc în același timp o creștere calitativă a produsului final. Presupunînd că se realizează un lanț trofic format din următorii doi termeni:

alge fixate ⟶ *pești*
(100 tone) (10 tone)

constatăm în acest caz că, pe seama unei anumite cantități de materie organică vegetală, se obține o cantitate de zece ori mai mică de pește care, prins, va putea fi utilizat de către om, dacă, bineînțeles, este comestibil. Dacă lanțul trofic are un număr mai mare de verigi, pornind de la aceeași cantitate de bioprodus inițial vom obține o cu totul altă cantitate de produs final ca, de exemplu:

diatomee, peridinee ⟶ *copepode* ⟶ *scrumbii*
(100 t) (10 t) (1 t)

Cercetările lui W. H. Peterson au scos în evidență raporturile cantitative și calitative din cadrul unui lanț trofic avînd ca termen inițial detritusul de *zoostera*. Cu acest detritus se hrănesc două grupe mari de animale. Unele se definesc „utile", deoarece servesc ca hrană unor organisme care ajung să fie valorificate de către om. În conformitate cu calculele făcute rezultă o „pierdere" de materie în cadrul sistemului de aproximativ 10 ori, prin trecerea de la o verigă a lanțului trofic la alta. Bineînțeles că pierderile nu constituie un deficit la nivelul bazinului. Aici are loc doar o transformare de materie și energie. În cadrul lanțului trofic, pierderile de materie și energie se datorează proceselor metabolice, care consumă o parte din material pentru a-și asigura funcționarea. Cu alte cuvinte, pe seama unei anumite cantități de proteine se construiește la nivelul verigii următoare a lanțului trofic o cantitate de proteine de 10 ori mai mică.

În asemenea calcule și studii trebuie avut în vedere și faptul că, în decursul unui an de exemplu, hrana animalelor se modifică. Astfel, *Calanus finmarchicus* constituie hrana principală a heringului de pe țărmurile Angliei și se hrănește iarna cu radiolari, vara cu cocolitoforidee, iar în lunile august — septembrie cu peridinee. Schimbări și mai accentuate în privința hranei se produc în cursul unei întregi perioade ontogenetice, datorită dezvoltării stadiale a multor forme cu habitat diferit în perioada larvară și adultă.

Cunoașterea lanțurilor trofice, a raporturilor de nutriție dintre hidrobionți, are o imensă importanță practică. Intervenția omului în dirijarea proceselor din bazine se bazează tocmai pe cunoașterea temeinică a acestor relații. Popularea unor bazine, cît și creșterea intensivă a anumitor specii de pești, presupune utilizarea acelor forme de organisme care valorifică cel mai bine potențialul nutritiv primar al bazinului. Desigur că, în afara relațiilor de nutriție, producția și productivitatea mai sînt influențate și de o serie de alți factori fizici și biologici. Popularea unor bazine marine mai reduse ca dimensiune (M. Caspică, M. Neagră, M. Baltică, M. Azov etc.), prin intervenția omului, presupune însă cunoașterea aprofundată a relațiilor de hrană la speciile de pești utilizate în acest scop. Întreaga piscicultură, pentru a fi cu adevărat științifică, trebuie să aibe la bază cunoașterea unor astfel de raporturi ca cele descrise mai sus.

Capitolul XVIII

PRODUCȚIA ȘI PRODUCTIVITATEA BAZINELOR ACVATICE

În raport cu necesitățile tot mai mari de proteine ale omenirii, în continuă creștere, problemele legate de obținerea unui cît mai mare randament în exploatarea apelor naturale stau în atenția unor instituții naționale sau organizații cu caracter internațional (F.A.O.). Pe plan național, orice amenajare ulterioară a cursurilor sau bazinelor de apă

comportă un studiu complex al acestora, inclusiv sub aspectul productivității lor, prezente sau viitoare.

Bazinele marine și oceanice au intrat în orbita cercetărilor de productivitate nu numai cu scopul identificării resurselor acestora, ci mai ales pentru a se asigura exploatarea lor rațională, fără prejudicii pentru evoluția lor ulterioară.

Definiții. Termenii care definesc sau ajută la definirea rentabilității unui anumit bazin acvatic sînt cei de *producție biologică* și de *productivitate biologică*.

S-au elaborat multe definiții pentru precizarea noțiunii de producție în hidrobiologie. A. Thienemann (1931), J. Elster (1944) și Feminger (1950) consideră că pentru o formațiune sau un bazin acvatic „producția este cantitatea de materie organică, pe o suprafață dată și într-un anumit timp, furnizată de o comunitate biologică anumită". După J. Bologh (1958), ea este „cantitatea de materie vie produsă într-un bazin". S. A. Zernov (1949) consideră producția acvatică ca fiind analogă cu recolta, deci cantitatea de substanță organică sintetizată de organismele situate într-un anumit volum de apă, într-o anumită perioadă de timp, pe calea acumulării, exceptîndu-se organismele care mor natural și cele care migrează din bazin sau sînt consumate de alte organisme acvatice sau aeriene. S. Rawson, E. Steemann-Nielsen (1958) și alții confundă noțiunea de producție cu cea de productivitate. B. Dussart (1966) definește producția unui bazin ca fiind „cantitatea de materie vie produsă în condiții ce domină realmente ecosistemul sau, cu alte cuvinte, productivitatea unei zone geometrice arbitrar delimitată".

Din analiza definițiilor date mai sus rezultă că pînă în prezent noțiunea este destul de incomplet precizată. Greutățile ivite în definirea noțiunii rezidă în complexitatea ei. În timp ce producția unei specii aparținînd unei populații se poate preciza mai ușor pe cale experimentală sau chiar în condiții naturale, lucrurile se complică atunci cînd este vorba de un ecosistem acvatic, de un bazin în ansamblul său.

Trebuie făcută o distincție între producție și randament sau recoltă, adică acea cantitate de materie obținută de om din bazinul respectiv. De asemenea, trebuie ținut seama de factorul energetic în definirea producției. În acest context, producția nu este altceva decît cantitatea de materie vie și excrete produse în unitatea de timp în cadrul ecosistemului, prin utilizarea unei anumite cantități de energie potențială exterioară sau interioară ecosistemului dat. Or, acumularea de materie vie se produce prin acumulare de energie. Deci *producția* nu ar fi altceva decît *suma organoproducției și a energoproducției*, la care s-ar adăuga excretele și energia care se eliberează în procesele ce duc la excreția acestor produși.

În aprecierea producției unui bazin trebuie ținut seama de *principiul lui Carnot*, după care transformările energetice sînt însoțite de pierdere de energie de către sistem, deci se produce o trecere de la o formă „concentrată" la o formă „dispersată", în ceea ce privește energetica sistemului.

Schimburile energetice sînt tot mai mult utilizate pentru aprecierea producției unui sistem biologic sau altul din bazinele acvatice. În acest

context, *producția brută* nu ar fi altceva decît cantitatea de energie asimilată de către ecosistem într-un timp dat, iar *producția netă* ar reprezenta aceeași valoare energetică minus pierderile energetice (respirație, descompuneri) petrecute în aceeași unitate de timp.

Dacă în agricultură productivitatea unei culturi poate fi relativ ușor estimată, în hidrobiologie termenul de productivitate este departe de a fi definit complet.

A. G. Tansley (1929) definește productivitatea unui bazin ca fiind „un nivel al producției", iar A. Thienemann (1931) ca „o dezvoltare maximă a organismelor în condiții optime de viață". Pe baze energetice, R. L. Lindman (1942) consideră productivitatea ca fiind „viteza fluxului energetic al organismelor, acumulat la nivelul trofic dat". Pentru V. Tonolli (1952), productivitatea este „rezultatul luptei dintre tendința organismelor de a crește la infinit și tendința factorilor de mediu de a se opune acestei creșteri". Desigur, productivitatea este o derivată, rezultată din conceptul producției și al factorilor ce concură la realizarea acesteia.

În hidrobiologie trebuie făcută, după N. Knipovici, o distincție între productivitatea biologică în general și productivitatea biologică industrială, adică valorificată sub formă de produse utilizabile în alimentație. Acest mod destul de îngust de a privi problema productivității bazinelor acvatice este împărtășit de un număr foarte restrîns de hidrobiologi. Aceasta se datorează faptului că este în general foarte greu să se facă o distincție între ceea ce este „util" sau „inutil" la un anumit moment.

Marea majoritate a hidrobiologilor privesc productivitatea bazinelor acvatice ca un *rezultat al tuturor proceselor biochimice și biologice din bazin*. Ansamblul populațiilor bazinului, și nu o parte din acestea, constituie fundamentul studiului teoretic și experimental al productivității bazinelor.

Prin studii de fiziologie, hidrobiologia va putea preciza rolul diverselor biocenoze în creșterea productivității biologice a bazinelor. Creșterea rațională a diferitelor specii de pești și a altor organisme utile are la bază rezultatele obținute în studierea intercondiționării proceselor din bazine. Pentru o mai bună precizare a noțiunilor prezentate mai sus, vom analiza cîteva forme de producție din bazine, precum și factorii care influențează asupra productivității de ansamblu a bazinelor acvatice.

PRODUCȚIA PRIMARĂ A BAZINELOR ACVATICE

Noțiunea de *producție primară* a fost introdusă în hidrobiologie de către A. C. Windberg și L. L. Larovitiana (1939). Acest termen se traduce prin producția de materie organică a organismelor autotrofe. Acestea au facultatea de a sintetiza substanțe organice pe seama energiei solare sau chimice și a sărurilor minerale din mediu. Dat fiind că produsul inițial rezultat în această sinteză este un glucid, H. Kendeigh susține că singura măsură acceptabilă pentru aprecierea producției primare este cantitatea de glucoză formată în unitatea de timp.

Ținînd seama că dacă pentru elaborarea unei molecule-gram de glucoză sînt necesare 709 Kcal, prin degradarea aceleiași molecule-gram de glucoză rezultă numai 674 Kcal. De asemenea, se știe că însăși producătorii consumă o parte din produsul sintetizat pentru nevoile lor metabolice. Se cunoaște, de asemenea, că hidrații de carbon singuri nu pot constitui fundamentul vieții. Or, în acest caz, trebuie avute în vedere toate procesele care duc la construirea edificiului viu.

Producția primară implică cu necesitate intervenția a cel puțin doi factori, în afară de organismele care o efectuează, și anume:

— *factorul energetic;*

— *factorul material:* sărurile nutritive (bioelementele).

Din punct de vedere practic, cercetătorii au grupat totalitatea factorilor care intervin în producția primară în: *factori esențiali* și *factori accesorii.*

Factorii esențiali. Aceștia se subdivid, la rîndul lor, în factori esențiali *principali* și *secundari.*

Factorii principali includ lumina, sărurile minerale nutritive (macro-, micro-, și oligoelementele), substanțele ectocrine.

Lumina este absolut necesară pentru activitatea de fotosinteză a autotrofelor, care posedă pigmenți asimilatori de diferite tipuri. Activitatea de fotosinteză este diminuată concomitent cu reducerea luminii incidente. Radiațiile prea puternice stînjenesc, de asemenea, desfășurarea normală a fotosintezei. Din aceste cauze, curba care arată dependența dintre lumină și fotosinteză are un aspect hiperbolic. Se constată, de asemenea, că în ape lumina poate varia în limite largi fără a influența substanțial fotosinteza. În condiții de luminozitate redusă (10%) se obține jumătate din producția primară corespunzătoare unei luminozități de 100%. Adîncimea la care se obține optimul de fotosinteză variază în limite foarte largi. În apele puțin transparente, acesta se situează foarte aproape de suprafață; în cele cu transparență mare, la adîncimi mai mari. În cursul zilei, maximul fotosintetic variază de la un moment la altul. Astfel, dimineața și seara maximul fotosintetic se situează mai aproape de suprafață decît la ora 12, de exemplu, cînd coboară mai adînc (datorită unghiului de incidență al razelor luminoase).

Algele planctonice utilizează cu maximum de randament energia luminoasă în toate momentele de luminozitate, deoarece acestea își pot orienta cloroplastele în funcție de intensitatea luminii incidente. S-a determinat, de altfel, pentru fiecare grupare de organisme fotosintetizante o intensitate optimală la care are loc o producție maximă de glucoză. Ea explică și variațiile sezoniere ale producției primare, în raport de latitudine.

Curba de eficacitate a fotosintezei variază și în funcție de pigmentul fotosensibil. Clorofila prezintă maximul de activitate la lungimile de undă cuprinse între 4 350—6 750 Å, pe cînd ficoeritrina are maximul în banda de 5 600 Å și minimul la 4 850 Å. Absorbția selectivă a radiațiilor pătrunse în apă, precum și modificarea diurnă și sezonieră a cantității de lumină incidentă, influențează în largă măsură producția primară, chiar în zona eufotică a apelor.

Sărurile minerale și gazele dizolvate sînt necesare procesului de producție primară sau sintezelor ulterioare pentru construcția corpu-

lui fotosintetizantelor. Bioxidul de carbon, alături de apă, săruri minerale și lumină, constituie unul din factorii inițiali ai producției primare.

Atît gazele dizolvate cît și sărurile de fosfor și azot acționează în anumite condiții ca factori limitativi sau acceleratori ai producției primare. Această acțiune se poate exprima pe baza „legii minimului" a lui Justus von Liebig (1840). Această lege arată că dacă un factor lipsește sau se află în cantitate minimă, recolta (în cazul nostru producția primară) este egală cu zero sau depinde direct de acest factor. Legea nu are însă o valoare absolută, deoarece nu în toate cazurile concentrația limită a unei substanțe este cauza imediată a reducerii producției primare. Liebig considera, în mod greșit, că elementele nutritive acționează izolat asuprta plantelor, fără nici o legătură reciprocă.

Bioxidul de carbon, în prezența luminii și în cantități oricît de mici, este utilizat în fotosinteză. Concentrațiile mari în CO_2 nu antrenează o creștere proporțională a fotosintezei. De la concentrația de 5 mg/l, creșterea concentrației gazului nu amplifică fotosinteza, iar la concentrații mai mari de 20 mg/l, curba fotosintezei descrește, datorită toxicității crescute a gazului. În apele marine și continentale, CO_2 este prezent în cantități suficiente pentru satisfacerea necesităților fotosintetizantelor. În regiunile polare și în condiții de reducere a rezervei alcaline, se poate produce un deficit în CO_2, atunci cînd factorul lumină este de un nivel corespunzător unei fotosinteze maxime. Cum în atmosferă gazul este prezent, iar solubilitatea sa în apă este apropiată de 1, rezultă că CO_2 nu devine, în concentrație normală, un factor limitant al producției primare. În condiții de poluare, creșterea la maximum a CO_2 din apă poate determina o reducere a fotosintezei, atunci cînd atmosfera este, de asemenea, încărcată cu CO_2. Situații asemănătoare au fost evidențiate și în mările închise, bogate în material vegetal și cu insolație puternică. În aceste cazuri, limitarea fotosintezei poate fi datorată scăderii la maximum a CO_2 liber din apă.

Azotul necesar sintezei de proteine este utilizat mai ales sub formă de azotați. Unele cianoficee sînt capabile să fixeze azotul liber, molecular. *Chlorella* asimilează, de asemenea, unii aminoacizi liberi (arginină, citrulină, ornitină), precum și ureea. Prezența compușilor cu azot sub formă de amoniac, nitriți și nitrați, se datorează bacteriilor. Fitoplanctonul utilizează acești compuși, însă are preferințe față de nitrați.

Fosforul joacă un rol tot atît de important ca și azotul în producția primară a bazinelor. Este utilizat mai ales sub formă de fosfați. Grupările fosforice ale moleculelor organice joacă rolul unor transportori de energie. În asociere cu riboza și cu adenina, acidul fosforic contribuie la formarea compușilor macroergici, adenozintrifosfatului, adenozindifosfatului și a compușilor săi secundari. Unele alge sînt capabile să rețină din mediu și să utilizeze compușii organici cu fosfor, acidul fosfogliceric și fitina (inozitohexofosfat de magneziu).

Dacă mediul acvatic conține cantități infime de fosfați, autotrofele sînt capabile să-i rețină. Această constatare însă nu este valabilă pentru toate fotosintetizantele. Unele forme își încep dezvoltarea și ating maximul vegetativ numai în condițiile în care concentrația în fosfați depășește 15—30 mg/m^3. În condiții de „înflorire" a apelor, fosforul din mediu scade pînă aproape de zero, devenind factor limitativ pentru dez-

voltarea populației vegetale. Scăderea fitoplanctonului este însoțită de eliberarea rapidă în mediu a compușilor fosforici.

Siliciul este important mai ales pentru diatomee și unele silicoflagelate. Se admite că pentru creșterea și dezvoltarea normală a diatomeelor sînt necesare 30—40 mg siliciu la m^3 de apă. În condiții de creștere exagerată a siliciului în mediu, unele forme planctonice își încetează dezvoltarea. Siliciul nu constituie, totuși, un factor limitant atît de energic cum este, de exemplu, fosforul.

Oligoelementele sînt compuși răspîndiți în apele naturale în concentrații de la cîteva miligrame/m^3 pînă la urme. Ele nu sînt bioelemente în sensul cel mai strict, dar joacă un rol important în procesul producției primare. Astfel magneziul, prezent în apele naturale în cantități suficiente, poate deveni factor limitativ al producției primare, atunci cînd scăderea sa în mediu coincide cu maximul fotosintetic. Raportul dintre Ca/Mg condiționează dezvoltarea vegetalelor, în sensul că disponibilul de ioni de magneziu este în funcție de prezența în cantități mai mari a ionului de calciu. Potasiul este important mai ales pentru celulele și țesuturile în creștere. Sărăcirea mediului în potasiu oprește diviziunea celulară la *Chlorella pyrenoidosa*. Există, însă, un comportament diversificat în raport de conținutul în potasiu, mai ales la formele dulcicole. Unele *(Pediastrum)* necesită concentrații mari de potasiu pentru dezvoltarea lor normală, în timp ce altele (diatomee) se dezvoltă mai bine într-un mediu sărac în potasiu. Potasiul facilitează metabolizarea magneziului. Sodiul se pare că are efecte contrare celor produse de potasiu, în sensul că inhibă diviziunea celulară.

Fierul, manganul, cuprul și cobaltul, chiar în cantități mici, nu devin factori limitativi, necesarul în aceste elemente fiind întotdeauna asigurat în mediu. Adausul de fier în culturile de alge accentuează, însă, dezvoltarea acestora. În lipsa manganului, s-a constatat experimental că fotosinteza nu se desfășoară normal. Cunoștințele privind rolul acestor oligoelemente sînt destul de sumare. Algele au proprietatea de a stoca unele dintre acestea și de a le utiliza atunci cînd elementul respectiv lipsește din mediu.

Produșii de excreție eliminați în mediu de către populația vegetală pot constitui atît factori stimulatori, cît și factori limitativi ai producției primare. Acțiunea lor se exercită la nivelul metabolismului sau asupra diviziunii celulare. Substanțele ectocrine sînt fie solubile, fie coloidale. Între ele se citează unele polizaharide, vitamine, hormoni, aminoacizi, complexele organometalice, diferiți radicali organici etc. Separarea și măsurarea lor cantitativă este o operație complicată, datorită prezenței lor în cantități foarte mici (urme). În condiții de „înflorire" a apelor, conținutul mediului în asemenea produși crește considerabil. Produșii de excreție, cum sînt toxinele, produse de aceeași populație, poartă numele de *autotoxine*. Ele inhibă dezvoltarea culturilor de alge prin blocarea diviziunilor celulare. Inhibarea se produce numai atunci cînd concentrația produsului în mediu atinge o valoare critică. Diluarea mediului înlătură fenomenul. În ultimul timp a fost izolată o substanță numită *formidină* (produsă de *Phormidium uncinatum*) și alta numită *muscarină (Nostoc muscorum)*, care au acțiune atît specifică cît și nespecifică.

Alte substanțe eliberate în mediu, între care diferite zaharuri, peptone, vitamine și hormoni, exercită în general o acțiune stimulativă asupra populației vegetale. Efectul însă cel mai intens îl au vitamina B_{12}, tiamina și biotina. Produșii de descompunere vegetali sau animali pot, de asemenea, interveni fie favorizînd, fie inhibînd producția primară.

Factorii secundari, deși nu acționează direct asupra creșterii, reproducerii sau activității fotosintetice, influențează la rîndul lor producția primară indirectă, modificînd valorile factorilor esențiali.

Temperatura poate interveni ca factor de control sau cu acțiune letală. Temperatura poate influența în mod direct metabolismul și, prin aceasta, creșterea și reproducerea. Temperatura intervine și la nivelul populației, accelerînd sau diminuînd procesele de utilizare a substanțelor nutritive.

Transparența are rol mai ales în ceea ce privește repartizarea în grosimea apei a organismelor fotosintetizante. Turbiditatea crescută diminuează producția primară, prin faptul că oprește o mare parte a radiațiilor ce pătrund în masa apei.

Nebulozitatea sau gradul de încărcare a atmosferei cu particule suspensoide acționează în același mod, prin reducerea luminii incidente.

Aportul alohton modifică local producția primară prin îmbogățirea mediului în substanțe nutritive. Mișcarea apei, ca și elementele morfometrice ale bazinelor, pot influența, de asemenea, indirect producția primară.

Factorii secundari au acțiune conjugată; de aceea, este foarte greu de separat acțiunea unuia de a altuia.

Factorii biologici. Constau din raporturile ce se stabilesc între indivizii și speciile biocenozei. Unii dintre acești factori pot favoriza la un moment dat dezvoltarea anumitor specii sau grupe care, la rîndul lor, pot limita dezvoltarea altora.

Reproducerea se poate face în raport cu condițiile de mediu, în progresie aritmetică sau geometrică. Acele specii care au un ciclu de reproducere mai scurt și dau descendenți adaptabili respectivelor condiții, se vor dezvolta mai bine. „Înflorirea" apelor — atunci cînd se produce — este un fenomen datorat înmulțirii prin diviziune directă a unor forme fitoplanctonice dintr-un anumit areal, în urma schimbării unor condiții de mediu (un plus de săruri nutritive).

Consumul fitoplanctonului de către zooplancton. Un caz edificator în acest sens este dat de către J. C. Wright (1954) care, analizînd populația planctonică a lacului Atwood (S.U.A.), constată variații anuale ale biomasei planctonice. Autorul a evidențiat prezența unei faune de cladocere care a redus la maximum prin consum fitoplanctonul lacului.

PRODUCȚIA SECUNDARĂ A BAZINELOR ACVATICE

Materia organică produsă în bazinele acvatice de către producătorii primari este preluată și metabolizată total sau parțial de către producătorii secundari. Producătorii secundari în sens larg sînt toate organismele heterotrofe, dar în sens mai restrîns aceștia reprezintă populația

animală. O serie de factori care joacă rol esențial (lumina, sărurile minerale etc.) în producția primară au pentru producția secundară doar un rol accesoriu. Alți factori însă, cum ar fi de exemplu reproducerea, hrana, adaptarea la condițiile de mediu, devin factori primordiali pentru producția secundară. Remarcăm faptul că producția secundară nu depinde direct de o sursă de energie exterioară bazinului; energia acumulată prin fotosinteză de către producătorii primari este aceea care se transmite mai departe prin lanțul trofic, asigurînd baza energetică necesară pentru producerea de proteine animale.

Hrana. Este factorul *esențial* care influențează producția secundară. Nevoile alimentare ale organismelor animale variază în funcție de specie, de efort, de zonă geografică etc. Hrana este importantă nu numai sub raport cantitativ, ci și calitativ. Astfel, o serie de organisme vegetale și animale nu pot constitui hrană adecvată, datorită prezenței în constituția lor a unor compuși care nu sînt tolerați de către organismele animale. Valoarea hranei consumate este foarte diferită; în general, organismele animale selectează hrana.

Abundența în hrană a mediului condiționează dezvoltarea zooplanctonului. Se cunoaște că, după maximul fitoplanctonic boreal și subboreal, urmează un maxim zooplanctonic. Crustaceele *Euphausiacee* se înmulțesc atît de mult, încît formează cîrduri imense de materie vie animală care constituie hrana principală a balenelor. Un fenomen de reciprocitate pare evident în ceea ce privește anumiți produși de excreție, cum sînt fosfații eliminați de animale și care contribuie la dezvoltarea fitoplanctonului.

Reproducerea. Deși dependentă de o serie de factori, are o însemnătate covîrșitoare pentru producția secundară. Factorii de mediu produc diferențieri în reproducerea animalelor. Astfel, temperatura scăzută mărește intervalul dintre cicluri, în timp ce condițiile optime de mediu în perioada de reproducere contribuie la perpetuarea normală a speciei și a individului.

Biotopul. Este esențial mai ales pentru anumite specii care trăiesc fixate. Coralii formatori de recife pretind, pe lîngă alte condiții deosebite, și un suport potrivit pentru fixare. Salinitatea, oxigenul dizolvat, pot constitui de asemenea factori care stimulează sau inhibă producția secundară.

Este necesar să reamintim că factorii analizați nu acționează izolat asupra producției secundare, ci au o acțiune conjugată. Condițiile în care toți acești factori oferă optimum de dezvoltare pentru organismele animale determină valorificarea la maximum a potențialului organic al bazinelor, contribuind astfel la creșterea valorii economice a bioproduselor exploatabile, la creșterea bioproducției bazinului.

PRODUCTIVITATEA BAZINELOR ACVATICE ȘI FACTORII CARE O CONDIȚIONEAZĂ

Productivitatea bazinelor acvatice constituie în prezent problema centrală a hidrobiologiei. Acesteia îi sînt subordonate aproape toate cercetările care se efectuează în prezent. Legată de nevoile alimentare ale populației umane, studiul productivității va trebui să ducă la o mai

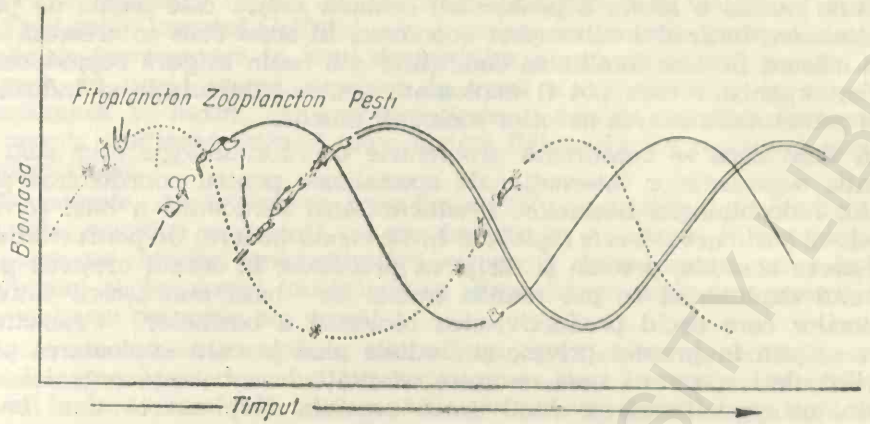


Fig. 219. Dependenţa dintre fitoplancton, zooplancton şi peşti.

deplină utilizare a *potenţialului biologic* al bazinelor acvatice. Productivitatea bazinelor acvatice este o noţiune mult mai abstractă decît producţia lor. Din această cauză, unii cercetători hidrobiologi rezolvă problema productivităţii aplicînd termenul de „producţie" în cadrul larg al productivităţii, punînd în fond semnul egalităţii între producţie şi productivitate. Producţia biologică constituie un aspect al productivităţii. Studiul acesteia trebuie făcut pentru a înţelege mai bine productivitatea bazinelor. Studiul producţiei primare şi secundare contribuie la definirea productivităţii bazinelor.

Dependenţa dezvoltării unei populaţii faţă de o anumită hrană este şi un mecanism de tip informaţional, care reglează şi menţine echilibrul din bazinele acvatice. Dezvoltarea puternică a fitoplanctonului permite dezvoltarea zooplanctonului, care va duce în final la reducerea numerică a fitoplanctonului. Creşterea cantitativă a biomasei zooplanctonice permite dezvoltarea organismelor care se hrănesc cu aceasta şi, în cele din urmă, reducerea cantitativă a zooplanctonului (fig. 219).

Verigile lanţurilor trofice se influenţează nu numai în sensul direct, de la producător la consumator, ci şi invers. Dezvoltarea unei populaţii de peşti utili va depinde de hrana pe care aceştia o au la dispoziţie, precum şi de influenţa factorilor fizici. Dacă respectiva specie de peşte este un răpitor, şi în bazinul respectiv nu există puiet sau animale cu care să se hrănească, populaţia respectivă nu se va dezvolta, cu toate că bazinul acvatic poate ave o producţie primară şi chiar secundară mare. Se cunosc, de altfel, şi cazuri cînd anumite specii, mai puţin specializate la hrănirea cu un singur produs, utilizează în lipsa hranei obişnuite şi alte surse.

Capacitatea bazinelor de a reproduce substanţa organică în organisme vii sau, mai bine-zis, viteza cu care se asigură transformările ce duc la reproducerea şi creşterea cantităţii de materie vie, ar defini cel mai bine productivitatea bazinului acvatic. În acest context, biocenoza este unitatea de bază a productivităţii bazinelor acvatice. Studierea acestei capacităţi de reproducere a substanţei organice sub formă de organisme

vii este numai o latură a problemei; cealaltă latură este legată de productivitatea bazinului sub raport economic. În acest sens interesează mai ales măsura în care totalitatea condițiilor din bazin asigură reproducerea acelor organisme care pot fi exploatate pentru alimentație și industrie, deci pentru satisfacerea nevoilor societății umane.

În acest sens se conturează problemele de hidrobiologie care stau în atenția organismelor internaționale specializate pentru coordonarea studiului hidrobiologiei bazinelor. *Productivitatea economică a unei formațiuni sau bazin acvatic este înglobată în termenul general de porductivitate.* Creșterea acesteia, precum și dirijarea proceselor în sensul creșterii produsului exploatabil se pot realiza numai pe baza cunoașterii tuturor factorilor care decid productivitatea biologică a bazinelor. Problemele care se pun în prezent privesc și limitele pînă la care exploatarea produșilor, deci scoaterea unei anumite cantități de substanță organică din bazin, nu periclitează productivitatea acestuia. Exploatarea unui bazin natural nu trebuie să ducă în nici un caz la distrugerea sa sub raportul circuitului materiei organice. Trebuie căutate căile de exploatare care să nu ducă la diminuarea bioprodusului util ce poate fi obținut, periodic, din respectivul bazin.

Factorii care condiționează productivitatea bazinelor sînt numeroși. Separarea lor este greu de realizat. Totuși, pentru înțelegerea fenomenului, vom delimita două grupe de factori, și anume: factori fizico-chimici și factori biologici.

Factorii fizico-chimici. În precedentele capitole am analizat intervenția acestor factori la nivelul populațiilor de organisme, precum și din punct de vedere al variabilității lor. De *natura și structura geologică* a bazinelor depinde și structura biocenozelor. Biocenozele fluviului, ale lacului sau ale bazinelor marine sînt diferențiate după natura fundului, mai stabil sau, dimpotrivă, mai puțin consolidat. În ceea ce privește lacurile și mările, un rol important pentru productivitatea acestora îl au *sedimentele de fund.* Adîncimea la care se situează sedimentele și lărgimea platformelor continentale contribuie în mare măsură la creșterea sau scăderea vitezei de circulație a materiei în bazine. Mările cu platforme continentale largi sînt, în general, mări mai productive. Cu creșterea adîncimii, densitatea organismelor scade. Densitatea populației bentonice este maximă deasupra sedimentelor litorale. Zona neritică este porțiunea maritimă în care se formează sau spre care se îndreaptă cîrdurile de pești.

Circulația substanțelor biogene și a oligoelementelor în bazine contribuie la creșterea productivității acestora. Unele zone maritime în care se produc interferențe de ape calde și reci, prin intensificarea circulației pe verticală, se îmbogățesc în materii nutritive, devenind astfel zone de „erupții planctonice" și de maximă aglomerare a unor forme nectonice. *Productivitatea apelor răscolite de curenți și de alte cauze este mai mare decît a apelor relativ liniștite.*

Temperatura este un alt factor important care influențează productivitatea bazinelor acvatice. Cercetările efectuate în M. Neagră au evidențiat faptul că producția cea mai scăzută de pește survine în anii în care s-au produs mari variații de temperatură, acestea avînd caracter brusc. În M. Barentz, cantitatea de pește *(Gadus morrhua)* pescuit este în

raport cu cantitatea de ape mai calde ce înaintează spre Oceanul Înghețat de Nord prin Curentul Golfului, ape populate de această specie. Variațiile bruște de temperatură la locul de întîlnire a curenților reci și calzi pot provoca, în unele cazuri, moartea în masă a organismelor la zona de interferență. În lacuri, volumul și întinderea relativ redusă a biotopului au permis studierea acțiunii unor factori fizico-chimici conjugați asupra productivității.

Biocenozele. Abordarea pe baze biocenotice a studiului productivității bazinelor acvatice reprezintă un pas înainte în cercetarea hidrobiologică. În acest caz, studiul productivității comportă determinarea unor indici biochimici și fiziologici, depășindu-se etapa sistematică ce caracteriza cercetarea în deceniile din urmă.

Toate ecosistemele cuprind, în realitate, trei *nivele de schimburi* de materie și energie: nivelul *producătorilor*, nivelul *consumatorilor* și nivelul *reducătorilor* (sau al *saprobiilor*). Două nivele de organizare sînt absolut indispensabile pentru asigurarea circuitului biologic al substanțelor, și anume: cel al *producătorilor* și cel al *reducătorilor*. În abisurile oceanelor, ca și în lacurile adînci, există situații cînd ecosistemul local cuprinde numai consumatori și reducători. În aceste zone, însă, ajunge de la suprafață materia organică moartă asupra căreia aceștia acționează. În realitate, oricare bazin cu condiții fizico-chimice normale cuprinde toate nivelele de schimb, cu lanțuri trofice numeroase în cadrul acestor nivele de organizare.

Sintetizînd datele în legătură cu transferul de energie și materie în cadrul ecosistemelor acvatice, C. Elton reprezintă, sub forma unei piramide care îi poartă numele, evoluția materiei în cadrul unui asemenea ecosistem. Ceea ce se constată este reducerea cantitativă a materiei prin trecerea de la un nivel trofic la altul. Masa consumatorilor este întotdeauna mai mică decît masa organismelor pe care le consumă (fig. 220). Din desen rezultă că materia organică solvată sau dispersată în mediu reprezintă 50% din întreaga masă organică a bazinului. Peștii, adică masa proteică utilizabilă, reprezintă un procent destul de mic și ocupă vîrful „piramidei alimentare". Hidrobiologia are sarcina de a găsi căile pentru creșterea cît mai rapidă a masei vii utilizabile, pornind de la materia organică existentă. Cu alte cuvinte, *trebuie găsite acele forme care să valorifice cu maximum de randament resursele organice ale bazinelor acvatice.*

Pierderi graduale se produc nu numai în ceea ce privește materia, ci și energia. O anumită cantitate de energie cuprinsă în sistem de către fotosintetizante este transferată la diferitele nivele ale ecosistemului, dar cu pierderi pentru acesta (fig. 221). La baza „piramidei energetice", reprezentată în desen, se află energia solară acumulată prin procesele de fotosinteză, energie utilizată ulterior în cadrul sistemului viu pentru clădirea altei materii vii, calitativ superioare etajului de bază. Transferul se face cu pierderi de

Fig. 220. Piramida alimentară a lui Elton.

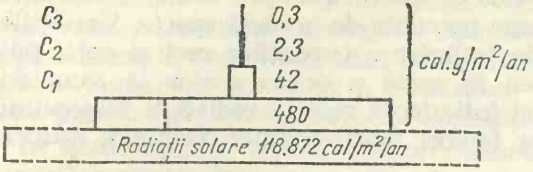


Fig. 221. Piramida energetică a unui ecosistem acvatic.

energie care se utilizează în procese de: *a)* respirație la același nivel; *b)* descompunere (fermentație); *c)* producere de substanță „de novo"; *d)* respirație la nivelul superior; *e)* excreție fără utilizare (eliminare).

Studiul biocenotic permite, astfel, precizarea cantității de energie acumulată de către organismele vii în unitatea de timp, a vitezei de circulație a substanțelor biogene, precum și a specificului calitativ al modificărilor energetice care au loc în ecosistem. Numai un astfel de studiu poate furniza date pentru utilizarea diferitelor formațiuni hidrologice, în scopul amenajării lor piscicole, al alimentării cu apă a colectivității umane. *Problema productivității biologice a bazinelor poate fi abordată numai de pe astfel de baze, în care se are în vedere raportul dintre organism și mediu, în complexitatea interacțiunilor și contradicțiilor rezultate din heterogenitatea sistemului.*

PRODUCTIVITATEA DIFERITELOR BAZINE ACVATICE

Norme universal valabile pentru calcularea productivității formațiunilor acvatice nu au fost stabilite pînă în prezent. Încercările bazate exclusiv pe calculul matematic nu satisfac în suficientă măsură pe aceia care experimentează în domeniul hidrobiologiei; în calcul nu pot fi introduși toți factorii de care depinde productivitatea. În ultimă instanță, se calculează producția și biomasa în anumite perioade de timp și, pe aceste baze, se fac aprecieri asupra productivității.

Productivitatea apelor curgătoare. Productivitatea biologică a apelor curgătoare este influențată de factorii generali amintiți mai sus (fizici, chimici, biologici), de locul de curgere, de viteză și situare geografică pe glob. Adîncimea joacă, de asemenea, un anumit rol, deoarece s-a constatat că cu cît adîncimea este mai mare, cu atît productivitatea pe hectar este mai mică.

Pentru apele curgătoare. L. Leger introduce noțiunea de *capacitate biogenetică*, care se determină pentru fiecare râu în parte. Prin aceasta se înțeleg acele procese cantitative și calitative care asigură necesitățile „termenului final" al lanțului trofic, și anume peștele, cu hrana necesară. Pentru delimitarea capacității biogenetice a diverselor ape curgătoare se utilizează zece trepte (*I*—*X*)[1], iar termenul este înlocuit în formula de calcul cu litera grecească β.

În practică se măsoară și *biodebitul*, înțelegîndu-se prin acesta cantitatea în grame de substanță organică scursă printr-un anumit punct în

[1] *I*—*III* — ape sărace în biomasă; *IV*—*VI* — mijlocii; *VII*—*X* ape bogate în biomasă.

timp de o secundă. Pe astfel de baze se calculează apoi productivitatea *(P)* apelor de munte folosind relația:

$$P = \beta \cdot L,$$

în care β este capacitatea biogenetică, iar L — lățimea medie a rîului. Rezultatul reprezintă în kg/km linear cantitatea de pește (salmonizi) ce se poate obține din respectiva apă. Pentru apele cu ciprinide, relația devine:

$$P = 2\beta \cdot L$$

Relația poate fi utilizată și pentru popularea rîurilor cu puiet, cînd se introduce în formulă un *factor de proporționalitate* în raport cu posibilitățile de supraviețuire ale acestuia. Pentru salmonide, relația este:

$$N = 20\beta \cdot L,$$

în care N este numărul de alevini (pui) necesari pentru popularea respectivului rîu.

Aprecierile asupra productivității, precum și elasticitatea de care trebuie să dea dovadă cercetătorii în aplicarea formulei pentru determinarea productivității, depind de condițiile locale care, adesea, diferă pe sectoare restînse. Trebuie avut în vedere și faptul că apele curgătoare sînt cel mai expuse fenomenului de poluare.

Productivitatea formațiunilor limnice. Factorii care acționează asupra productivității biologice a lacurilor sînt mai bine cunoscuți. Cele trei categorii de formațiuni, și anume: eutrofă, oligotrofă și distrofă (care nu trebuie să fie obligatoriu și formațiuni de lac, baltă, mlaștină), reflectă și locul lor în productivitatea biologică generală a acestor categorii. Calculul productivității bazinelor stagnante se corelează cu așa-numitul *coeficient al malului*, prin care se înțelege raportul dintre lungimea malului și suprafața bazinului. Bazinele care au o linie de mal mai sinuoasă, oferă și condiții optime pentru o productivitate crescută.

Productivitatea mărilor și oceanelor. Calculul productivității generale ale mărilor și oceanelor se face mai greu. În ceea ce privește produsul piscicol obținut de om, datele privitoare la ansamblul mărilor și oceanelor nu sînt suficient de edificatoare pentru a aprecia productivitatea biologică a acestora. Mările interioare se pretează mai bine la studiul productivității; în rest, productivitatea se calculează pe zone, neexistînd posibilități practice de estimare a producției pe bazine mari, cum este un ocean sau o anumită mare.

Se știe că productivitatea biologică a unor arii marine, cum sînt cele subboreale, este mai crescută decît cea a mărilor tropicale. Mările situate în partea sudică a oceanelor Pacific și Indian sînt mai bogat populate decît zonele centrale ale acestor oceane. O bogăție mare de pești nu denotă întotdeauna și o productivitate biologică locală crescută, deoarece peștii migrează dintr-o arie oceanică în alta. Unele mări cum este și M. Neagră, cu o productivitate biologică mare, au adesea o producție piscicolă mică.

Pentru aprecierea productivității biologice a unei suprafețe marine sau a unei mări este necesar să se cunoască cel puțin doi indici, și anume: *producția* și *biomasa*.

Prin **biomasă** se înțelege *cantitatea de materie vie organică raportată la unitatea de suprafață sau volum;* este exprimată de obicei în grame. Producția poate fi calculată cu ajutorul unor formule, atunci cînd s-a determinat cel puțin numărul de indivizi pe unitatea de suprafață, în cursul unui an. Avînd la bază asemenea considerente, S. A. Zernov a reușit să calculeze indicii de productivitate ai Mării Baltice.

Studiul biocenozelor se impune cu atît mai mult, cu cît diversele biocenoze participă inegal la constituirea biomasei bazinelor sau a diverselor zone geografice. În Marea Caspică, bacteriile reprezintă 85,7% din totalul materiei organice, algele 10,7%, zooplanctonul, zoobentosul și fitobentosul numai 3,6%. Aceste constatări însă nu sînt valabile pentru alte unități marine.

Raportul dintre producție și biomasă $\frac{P}{B}$ este pînă în prezent cel mai potrivit indicie pentru exprimarea bogăției unei mări sau a unei arii marine în organisme vii. Acest indice se utilizează în mod curent și pentru aprecierea productivității biologice. Raportul este dependent, bineînțeles, de factorii care acționează asupra producției, precum și de raportul dintre producția primară și producția secundară. Această dependență este bine reliefată de către L. A. Zenkevici, în ceea ce privește situația în cîteva mări ale Europei (fig. 222).

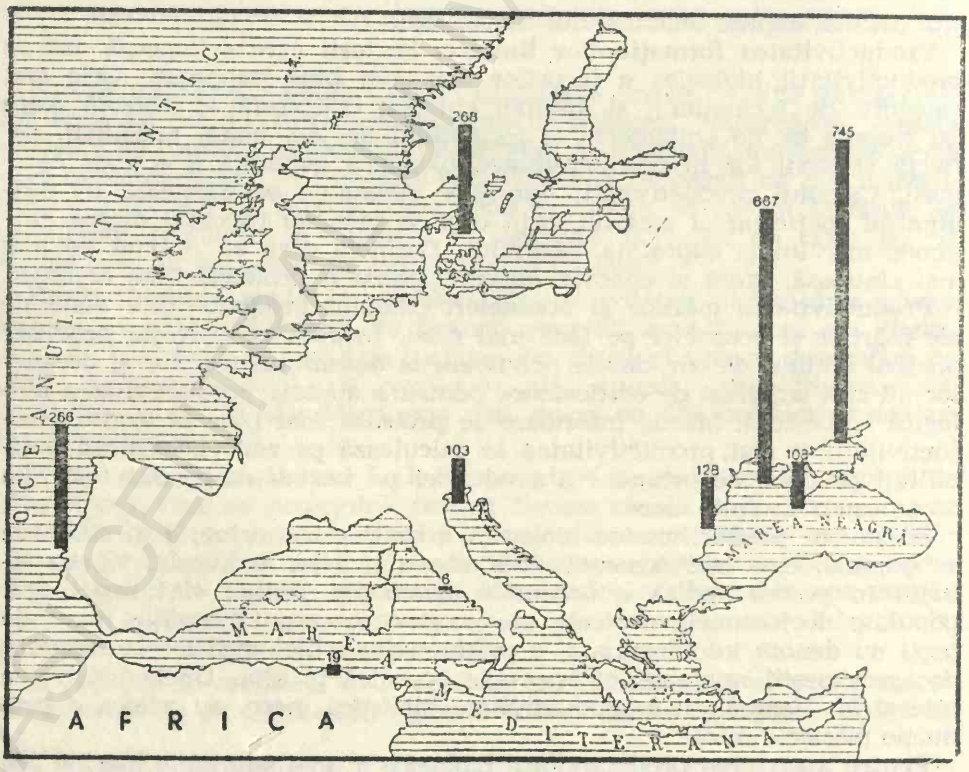


Fig. 222. Variația biomasei bentonice în cîteva mări ale Europei: coloanele cuprind valori în g/m² (după Zenkevici).

Aplicarea calculelor în raport de energia solară care pătrunde în mediul marin și raportarea ei la productivitate, arată că randamentul întinderilor marine este destul de scăzut. Astfel, G. L. Clarke precizează că din totalul de 3 000 000 calorii-gram energie radiantă căzută pe m^2 în timp de o zi (în dreptul Californiei), numai 5 cal/g/zi este utilizată de către organismele fotosintetizante. De aici s-a tras concluzia că randamentul de utilizare a energiei radiante de către plante este de numai 0,00015% la suprafața mării. Cum însă pînă la „termenul final" (peștii) se produce o pierdere de energie din sistem la fiecare verigă a lanțului trofic, ne putem imagina că randamentul diferitelor bazine sub acest aspect este destul de mic.

Tabelul 36

Situația pescuitului oceanic în anul *1965*
(după statistica FAO)

Țara	Tone pește debarcat
Peru	9 000 000
Japonia	6 500 000
China	5 500 000
Uniunea Sovietică	4 500 000
Statele Unite ale Americii	2 500 000
Norvegia	1 500 000

Cu toate acestea, omul nu a reușit nici pe departe să obțină din vastele teritorii marine bioprodusul utilizabil economic, în raport de cantitățile calculate (tab. 36). Pescuitul mondial oceanic crește de la un an la altul. Această creștere se va accentua și mai mult în anii ce urmează, datorită nevoilor din ce în ce mai mari de proteine în hrana oamenilor.

Din totalul de 52 000 000 t pește capturat în cursul anului 1965, aproximativ 40 000 000 t au intrat direct în alimentație, iar restul a fost utilizat pentru prepararea făinii de pește care poate fi folosită ca furaj sau îngrășământ în hrana animalelor. Zonele cele mai intens vizitate de flotele de pescuit sînt regiunea nord-vestică a Oceanului Pacific, mările Chinei, mările din jurul Arhipelagului Indonezian, Oc. Pacific în dreptul coastelor Perului, Americii Centrale și de Sud, în Oc. Atlantic, zonele mai bogate în pește se situează în partea septentrională și pe coastele Africii de Vest. Oc. Atlantic de nord și vestul Oc. Pacific furnizează aproximativ 75% din totalul peștelui pescuit în oceane.

Pescuitul în apele interioare reprezintă cam a zecea parte din volumul de pește obținut în ocean (6 700 000 t în 1965). În ultimul timp însă, se fac eforturi pentru amenajarea pentru pești a terenurilor neutilizabile în agricultură și care necesită investiții relativ mici pentru creșterea intensivă a peștilor.

Țara noastră a intrat în arena pescuitului oceanic încă din anul 1961, cu două trauelere moderne și mari de pescuit (Galați și Constanța) și multe alte vase de mare capacitate în anii următori.

RESURSELE MĂRILOR ȘI OCEANELOR

Oamenii exploatează din mări: alge, scoici și melci, crustacei, pești, balene, foci etc., acolo unde în mod normal se găsesc aglomerări de astfel de organisme și, deci, unde pot fi capturate relativ în scurt timp și în mare cantitate.

Algele marine. Sînt utilizate în hrană mai ales de populațiile asiatice, care exploatează din mări și chiar cultivă adesea diferite macrofite. Multe din algele marine servesc și pentru extragerea unor produse de natură medicală. Algele verzi și cele albastre nu au o valoare nutritivă deosebită pentru om; numai cele roșii și brune prezintă interes comercial. Acestea sînt mai răspîndite în climatul temperat și se găsesc de la limita inferioară a mareelor pînă la adîncimea de circa 100 m și se detectează în aglomerări rentabile cu ajutorul fotografiilor aeriene.

Algele roșii produc substanțele agaroide, bogate în special în glucide (60—75%). Ele nu sînt utilizate în general în hrana omului, fiindcă sînt foarte greu digerabile (lipsesc enzimele care să le degradeze)[1]. În țările Asiei de Est, ele sînt totuși consumate ca salate sau amestecate cu alte produse în sosuri, supe etc.; ele dau consistența păstoasă și plăcută înghețatelor. În India înlocuiesc gelatina din oase. Algele conțin *pectină,* o substanță care nu este atacată nici de bacterii. Din acest motiv, introducerea algelor în anumite mîncăruri le conferă acestora un strat de protecție constituit de pectină și, astfel, o conservabilitate de mai lungă durată. În Japonia, ciupercile fierte în sare se conservă prin adausul unei mici alge brune: *Heterochordaria abietina.*

Algele brune au fost utilizate în vechime și în Europa. Astăzi ele sînt întrebuințate pe scară largă în Japonia, China, Indonezia, Filipine și în insulele Oceanice. Ele conțin, în medie, 3—23% substanțe glucidice (manitol, acid alginic, laminarin, fucoidin, celuloză), 3—6% proteine, 2—3% grăsimi și 14—46% cenușe. În Japonia, consumul acestor alge reprezintă 3% din consumul total al orezului.

Dar algele se exploatează și pentru conținutul lor în diferite substanțe farmaceutice. *Laminaria* conține de circa 30 000 ori mai mult iod, de 500 ori mai mult fosfor, de 300 ori mai mult mangan, de 200 ori mai mult cupru decît apa de mare. Cantitatea unor astfel de elemente însă variază în decursul anului. Astfel, la *Pelvetia,* cantitatea de fier este de 195 mg% în ianuarie, de 565 mg% în mai și de 2040 mg% în iunie. Pentru extracția de iod, de stronțiu etc. trebuie cunoscute variațiile cantitative ale acestor microelemente.

Algele conțin și multe vitamine: A, B_1, B_2, B_{12}, C, D, E. Eschimoșii își procură în general vitaminele din algele pe care le consumă. În special *Enteromorpha* este bogată în vitamină C (pînă la 230 mg% țesut proaspăt în luna martie).

Unele animale domestice (oile, caii, porcii, păsările etc.) digeră destul de bine algele brune. În multe insule nordice și în Norvegia, hrana acestor animale este completată (în proporție de 10—15%) cu astfel de alge (iarba fiind puțină). Cea mai bună algă în acest scop este *Ascophyllum nodosum,* care se usucă la soare apoi se demineralizează și se cara-

[1] S-a constatat că la japonezi (și, probabil, la toate populațiile asiatice care consumă alge) în intestin s-a instalat o floră bacteriană care atacă algele și, astfel, desfac produșii alginați în glucide mai simple care pot fi asimilate.

melizează, obținîndu-se un produs măcinat care se adaugă furajelor și concentratelor.

În multe părți din zonele nordice ale Europei și Americii, algele uscate și sfărîmate se folosesc ca îngrășămînt pentru terenurile calcaroase, conținînd mult P, K și N. Ele acționează însă și prin modificarea caracteristicilor fizico-chimice ale solului. De exemplu, alginații intră în compoziția particulelor de sol, permițînd o hidratare a lor, o afînare a pămîntului și, deci, o pătrundere mai ușoară a oxigenului și a apei.

Algele au și o puternică acțiune antibiotică. Se cunoaște că alga verde microscopică *Chlorella* secretă niște substanțe care împiedică dezvoltarea bacteriilor. Se preconizează chiar utilizarea ei în apele dulci pentru a combate prezența unor bacterii ca *Escherichia coli*, înlocuind astfel clorinarea apelor care are efecte negative asupra aparatului digestiv. Din unele alge verzi s-au extras unele antibiotice; acestea sînt prezente în alge numai vara. Din alge uscate și incinerate se extrag iodul, bromul, potasiul (mai ales în timpul războiului din 1914—1918 acestea erau sursa principală de sodă). În ultimele decenii însă, algele sînt utilizate ca surse de alginați, adică de săruri ale acidului alginic, care are rolul pe care îl îndeplinește celuloza la plantele aeriene. Alginații sînt substanțe coloidale, cu numeroase proprietăți utile.

Acidul alginic (polimerizează pînă la 180—930 unități) se scoate din *Laminaria, Fucus, Ascophyllum, Macrocystis, Nedocystis,* ca sare de Na, Ca, NH_3 etc. Este foarte vîscos, nu coagulează la cald și nu este solubil în soluții minerale sau acool (fig. 223). Se folosește în industria maselor plastice, textilă (dă o mare rezistență firului de lină sau altor fibre sintetice), este un stabilizator al emulsiilor (se folosește în cosmetică, farmacie, pentru unele paste fine), este utilizat în colorarea fibrelor ca mordant sau ca substanță de apretare. ca emulsionant în cofetărie

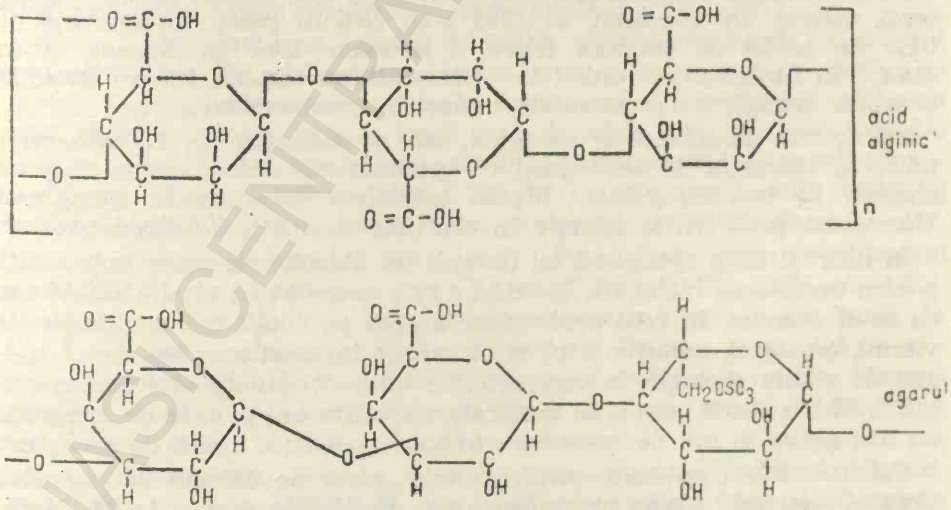


Fig. 223. Acidul alginic și agarul.

(creme, înghețate), în industria de conserve, a celulozei etc. Produsul se găsește în comerț sub formă de: Dariloid, Norgin, Manucol, Alginad etc.

Agar-agarul se obține mai ales din algele roșii: *Gelidium, Chondrus, Pterocladia, Phyllophora, Euchema, Porphyra, Hypnea, Gracilaria, Suhria.* Este un compus glicosidic cu resturi de α-galacto-pyranoze, asemănător ca structură generală cu acidul alginic. Se pot separa prin fracționare agarobioza și agarul, ambele de o foarte mare vîscozitate. Agarul este utilizat în microbiologie, la mediile de cultură. Este, de asemenea, un stabilizator al emulsiilor din industria alimentară (geleuri), din cea farmaceutică (laxative), textilă, cosmetică, în stomatologie, în laboratoarele fotografice.

Culturile de alge au luat o mare dezvoltare în Japonia și Filipine. Sporii de alge se fixează pe suporturi de bambus, care se scufundă în apă. Algele se colectează an de an și se supun unui proces de prelucrare, a cărui tehnologie este dificilă din cauza conținutului foarte mare în apă (83%) și reținerii acesteia de către alginați.

Pentru menținerea echilibrului biologic al mărilor, algele au un rol deosebit de important, nu numai ca producător primar, dar și ca sursă de hrană pentru multe animale marine: viermi, crabi și pești. În Japonia, exploatarea lor se face ținînd seama de refacerea lor anuală la un nivel care să nu dăuneze echilibrul biologic din ape.

Nevertebratele marine. Se evaluează la aproximativ 16% cantitatea de nevertebrate scoase anual din mări și oceane, din totalul viețuitoarelor pe care omul le exploatează din ape. În realitate însă, această cantitate se crede că este mult mai mare, deoarece ceea ce scot din bazine populațiile riverane ale tuturor continentelor nu este cuprinsă în această cifră.

Peste 90% din totalul organismelor animale din mări o constituie nevertebratele.

Nevertebratele sînt utilizate mai mult în hrană: stridii, scoici, creveți, sepii, viermi. De exemplu, în 1952 s-au pescuit peste 15 milioane de tone de astfel de produse (circa 6 milioane tone în Europa, 5 în Asia, 3 în America de Nord, 1 în Africa). Dintre acestea, interes deosebit prezintă: spongierii, celenteratele, moluștele, crustaceii etc.

Spongierii. Au schelet de *spongină,* care se utilizează pentru baie, șters table, la extracția de acizi grași cu greutate moleculară mare. Regiuni speciale de pescuit: golful Mexic, insulele Bahamas. În spongierul *Microciona prolifera* se găsește în cantitate de 0,3% 3-5-diiodotirozină.

În ultimul timp spongierii au devenit un obiectiv de mare importanță pentru cercetarea biologică. M. Băcescu a arătat că ei sînt un biotop cu totul specific, în care conlocuiesc adesea populații foarte diferite de viermi, crustacei, moluște și că ei constituie în acest sens un obiect special de studiu ecologic, în care relațiile dintre populații sînt precis stabilite. Multe specii care erau declarate dispărute sau pe cale de dispariție au fost găsite în mii de exemplare în interiorul unor specii de spongieri.

Celenteratele constituie, printre altele, surse de obiecte de podoabă. Coralul roșu este foarte răspîndit în Oc. Pacific de vest și în M. Mediterană. Prin toxinele lor, au importanță în apărarea unor pești și

crustacei care se refugiază între tentaculele unor actinii, toxine față de care aceștia nu sînt sensibili.

Echinodermele sînt — în afară de cîteva specii — puțin importante ca sursă de hrană. „Trepang"-ul din Extremul Orient nu este altceva decît corpul uscat al holoturiilor *Cucumaria, Stichopus* din apele liniștite ale recifilor și atolilor de corali, pe care populația le scoate, le spală și le usucă, constituind proteine valoroase în adaus la hrană.

În cîteva părți ale lumii se consumă și „ursini" *(Arbacia, Strongylocentrotus, Echinarachinus)*. Ouăle lor au servit în studii de embriologie.

Multe echinide au țepi otrăvitori *(Toxopneustes, Diadema, Acanthaster)*.

Moluștele sînt, probabil, cele mai larg utilizate în hrană de către om. Se găsesc pe toate țărmurile mărilor și oceanelor.

Stridia *(Ostrea* și *Crassostrea)* este cea mai apreciată specie și formează obiectul unor largi cresc ătorii în regiunile subtropicale și tropicale (chiar temperate) din Oc. Atlantic și Oc. Pacific (litoralurile U.S.A., Franței, Olandei, Italiei, Danemarcei, Japoniei, Australiei, Ins. Filipine, Braziliei, Peru, Chile). Ostreicultura este o veche ocupație a oamenilor. Ea se poate practica acolo unde există o maree zilnică de mică diferență, astfel ca scoicile să fie scăldate de apă proaspătă și oxigenată.

Larvele de stridii se fixează pe anumite suporturi din crengi, sfoară, sîrme și se lasă în mod sistematic în apă, astfel ca să poată fi scoase apoi cu ușurință cînd ajung la o anumită talie. Carnea lor este bogată în glicogen, a cărui cantitate variază însă cu specia, cu sezonul și cu locul, dar poate ajunge uneori pînă la 9% din greutatea vie. Conțin, de asemenea, Cu, Mn, Zn, Fe, a căror cantitate variază cu anotimpul, adică cu hrana lor care este alcătuită din microplancton pe care animalul îl filtrează cu ajutorul branhiilor, atunci cînd este cufundat în apă. Studiile actuale urmăresc obținerea unor forme mai bogate în glicogen, mai rezistente la paraziți și boli sau care cresc mai repede etc. În regiunile tropicale (Cuba), stridiile constituie o hrană curentă a populației.

Midia *(Mytilus)* este folosită în multe regiuni ale lumii ca aliment crud sau fiert. Ele se înmulțesc foarte mult și au o creștere destul de rapidă, formînd în zonele platoului continental, la adîncimi nu prea mari, straturi întinse, care se leagă unul de altul prin „byssus". Cochilia lor este destul de subțire (față de a stridiei), iar procentul de carne consumabilă este mult mai mare (46%). Se pot colecta aproximativ 1 000 kg la 100 m² apă. Utilizarea lor în hrana oamenilor crește an de an.

Alte lamelibranchiate, ca *Tridacna* (cele mai mari bivalve) și *Hippopus* din recifii coralieri, *Pecten, Cardium, Pinctada* etc., formează o hrană căutată și valoroasă în regiunile riverane ale lumii. În S.U.A. se produc anual peste 10 milioane kg *Pecten*, care intră în alimentația populației. În Filipine se găsește în cultură o scoică, *Placuna placenta*, a cărei carne este comestibilă și a cărei valve sfărîmate se amestecă cu mortarul pentru clădirea caselor.

Gasteropodele sînt folosite ca hrană mai ales în Filipine și Japonia. Multe din ele sînt utilizate la confecționarea nasturilor de sidef sau ca obiecte de podoabă *(Trochus, Haliotis)*.

Cefalopodele reprezintă peste 70% din totalul producției anuale de nevertebrate. Mai ales speciile genului *Octopus* sînt folosite în alimentație direct, cît și sub formă de conserve. Unii calmari sînt forme gigante, putînd atinge, cu brațele întinse, peste 15 m lungime *(Architeuthys)*. Cele mai comune au însă talii mai mici și se pescuiesc cu cîrlige cu nadă. Din cauza cărnii lor cam tare, utilizarea lor nu este prea largă, cu toate că ar putea prezenta o importanță deosebită în pescuitul oceanic. Au proteine foarte valoroase. Ele prezintă o importanță mare și pentru studii de neurofiziologie, avînd celule nervoase gigante, pe care se poate ușor lucra.

Crustaceii. Numai puține specii au importanță economică (mai ales decapodele). Cei mici (copepode, izopode, ostracode etc.) au importanță ca hrană pentru alte animale. Omul utilizează în special crevetele (*Penaeus, Pandalus, Aristeomorpha, Palaemon* etc.), care se dezvoltă bine în ape ușor îndulcite (estuare, fiorduri). Reprezintă o hrană foarte bună, dar încă nu se cunosc prea bine condițiile lor de viață, ceea ce reprezintă un obstacol în cultura lor extensivă și intensivă.

Mai restrînse, dar mai valoroase ca aliment, sînt homarii *(Homarus, Panulirus)*, langustele, langustinele *(Nephrops)*, care sînt animale de talie mare și pot ajunge pînă la 10—15 kg, fiind foarte gustoase și cu valoare alimentară. Se mai consumă raci *(Astacus)*, crabi *(Lithodes)* etc. Condițiile lor de viață și mai ales de transport din regiunile de producție spre regiunile de consum nu sînt încă bine cunoscute.

În cîteva țări se utilizează și crabii *(Callinectes, Cancer, Carcinus* etc.) și chiar balanidele mari *(Balanus, Mitella)*, dar cu un uz local.

Tunicatele (Cynthia) sînt folosite local în Asia, în special pentru conținutul lor bogat în vanadiu.

Peștii. Reprezintă cea mai importantă sursă alimentară a mărilor și oceanelor. Ei se găsesc adesea în aglomerări imense, care apar cu regularitate în anumite regiuni ce se pretează la un pescuit intens. Carnea lor are o valoare alimentară ridicată și reprezintă un aliment de bază pentru mulți oameni de pe glob. Asupra acestei surse de hrană se îndreaptă din ce în ce mai mult atenția omenirii, în vederea asigurării resurselor alimentare în viitor.

Din mulțimea speciilor (peste 20 000), doar cîteva sute sînt importante pentru pescuit, deoarece numai acestea se aglomerează în anumite perioade de viață în locuri determinate ale oceanelor și prezintă o valoare alimentară ridicată: scrumbiile, sardelele, heringii, hamsiile, codul, tonul, bomtul, cambula etc. Pînă acum cîteva decenii, pescuitul era posibil numai acolo unde în apropiere se găseau și localități care să preia și să prelucreze peștele cît mai repede (Norvegia, Danemarca, Islanda, Anglia etc.). Azi, însă, mijloacele de conservare prin frig, cît și faptul că există vase prelucrătoare de pește, au permis extinderea pescuitului pe scară industrială și în largul oceanelor. Regiunile de pescuit ale oceanelor corespund regiunilor cu cea mai mare producție primară și secundară.

Nu trebuie uitat că pentru a produce 1 kg de carne de pește sînt necesare circa 10 kg de hrană și că peștii care au lanțuri trofice cu multe inele reprezintă forme finale pentru care în ape se cheltuiește

multă substanță organică și energie. Din acest motiv și se întîmplă ca în unii ani pescuitul peștilor, care constituie un obiectiv constant de procurare de hrană, să fie scăzut deoarece adesea pe lanțul trofic a intervenit o modificare a unei verigi a acestuia, ceea ce periclitează existența întregului fenomen. Aceste fenomene au început să se producă în ultimul timp la primele inele ale lanțurilor trofice, fito- și zooplanctonul, prin introducerea în bazine a unor cantități din ce în ce mai mari de substanțe poluante diferite și prin acțiunea lor nocivă asupra unor anumite verigi primordiale ale lanțurilor trofice.

În larg, între 250—750 m adîncime, se semnalează aglomerări uriașe ale cîtorva specii de pești *(Myctophus, Macrourus, Cyclothone)*, care se pare că ar putea reprezenta în viitor pentru omenire importante resurse de hrană, dacă se vor putea detecta și pescui cu o tehnică nouă.

Privit în ansamblu, pescuitul oceanic, actual, care în 1956 a atins peste 26 milioane tone, iar în 1966 peste 50 milioane tone anual, se pare că dispune încă de multe rezerve, putîndu-se ajunge pînă la 100 milioane tone anual (chiar 200 milioane tone după unii), ceea ce ar putea reprezenta, în medie, 15 kg pește de cap de locuitor în anul 2000 (cînd populația globului va atinge 7 miliarde de locuitori).

O limitare actuală a extinderii pescuitului este dată și de mijloacele de captură. Acolo unde fundul platformei este accidentat, traularea de fund nu se poate face. Așa este cazul și în regiunile recifilor de corali, extrem de bogate în pești, dar unde utilajele actuale de pescuit nu sînt utilizabile din cauza neregularității rocilor de fund.

Una din regiunile cele mai bogate în pește este cea *indopacifică* (fig. 224), atît ca întindere cît și în ceea ce privește constanța cantității de pește. O altă regiune importantă este cea *vest-africană*, apoi cea *arctică* (mai săracă în specii, dar mai bogată în indivizi), *antarctică*, cele *nord-pacifice* și *nord-atlantice*. Se mai pot adăuga regiunile *sud-africane, sud-australiene, patagoniene* etc. Zonele cele mai bogate sînt, pînă în prezent, nord-atlantică și arctică (peste 10 milioane tone pește exploatat anual).

Din totalul pescuitului anual, 89% se desfășoară în emisfera nordică și numai 11% în cea sudică, iar pe zone 54% în Oc. Atlantic, 41% în Oc. Pacific și 5% în Oc. Indian.

Este încă greu să se facă precizări asupra evoluției pescuitului oceanic în viitor. Pescuitul va depinde de măsurile energice pentru prevenirea și combaterea poluării mărilor, dar și de perfecționarea tehnicii pescuitului și a detectării bancurilor de pești. Poluarea tinde să scadă eficiența pescuitului, mijloacele tehnice, dimpotrivă, să-l crească. Sîntem siguri că omul va reuși să rezolve favorabil această problemă de care va depinde în bună măsură hrana omenirii în viitor.

Reptilele. Unii șerpi din specia *Laticauda* trăiesc exclusiv în largul mărilor. Sînt specii vivipare, iar unii otrăvitori. Ei se pot găsi uneori în aglomerări de milioane de indivizi (perioada de reproducere). *Pelamydurus* este cel mai răspîndit în zona tropicală. În multe părți din Orient el se consumă după ce i se scot galndele veninoase.

De un interes alimentar mai ridicat sînt broaștele țestoase din regiunea tropicală. Cinci specii sînt importante pentru om: țestoasa gigant

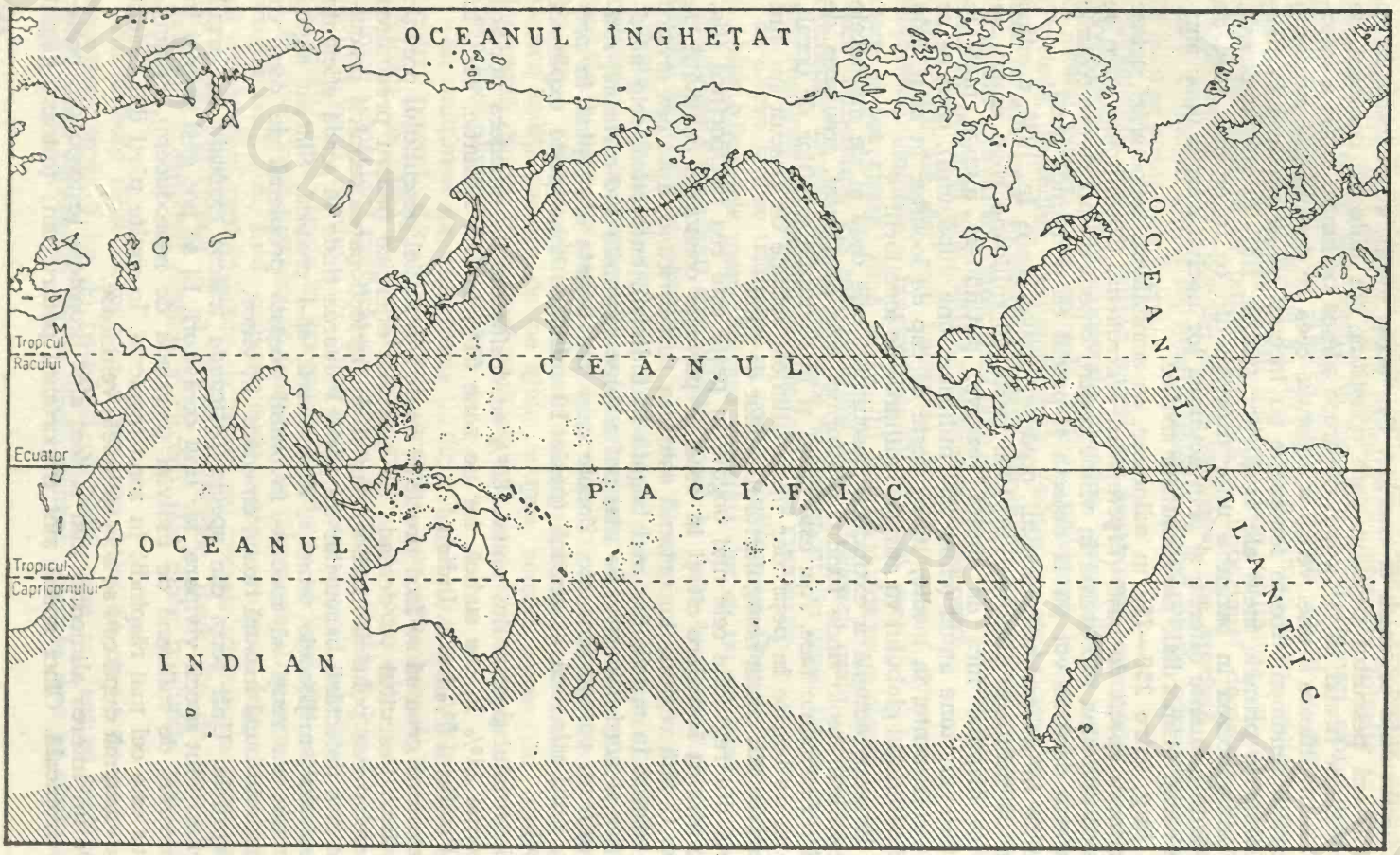


Fig. 224. Marile zone de pescuit ale oceanelor.

(*Dermochelys, Thalassochelys*), *Caretta* (fig. 225). Ele dau o carne valoroasă și mai ales prezintă avantajul că pot fi păstrate vii (întoarse pe spate și adăpostite la umbră) timp de multe zile, putînd fi sacrificate la nevoie. Ouăle lor reprezintă, de asemenea, o sursă importantă de hrană, foarte apreciată în multe părți de pe glob. Din cauza prinderii lor excesive însă și a distrugerii ouălor, numărul indivizilor din speciile valoroase a scăzut mult. Azi sînt ocrotite de legi, pentru a se putea reface numeric.

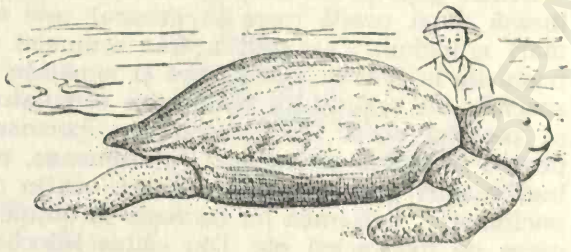


Fig. 225. Broască țestoasă gigantică, găsită pe un banc de nisip (după M i t c h e l l — H e d g e s).

Crocodilul se consumă în multe părți ale lumii. Coada lui este socotită în Egipt drept delicatesă. El se crește însă mai ales pentru piele (Cuba).

Mamiferele marine prezintă o mare valoare economică. Aici aparțin balenele, delfinii, focile, morsele etc., care prezintă interes prin produsele lor, dar mai ales prin valoarea lor alimentară. Ele sînt însă răspîndite neuniform și au nevoie pentru a se reface de mulți ani, deoarece nasc numai cîte un pui și acesta are nevoie de 5—10 ani pentru a ajunge adult. Multe specii au fost mult vînate, încît fie că au dispărut (vaca de mare — *Rhyphina* — din Nordul Pacificului, fie că s-a împuținat așa de mult încît astăzi sînt pe cale de dispariție (sirenidele, unele foci, unele balene). Abia în 1946 s-a ajuns la o convenție internațională asupra vînării mamiferelor marine, astfel ca să se asigure reproducerea lor și existența unui anumit stoc.

Biologia mamiferelor marine este în general puțin cunoscută. Fiind la origine mamifere terestre, adaptate ulterior mediului marin, ele prezintă o serie de adaptări noi. Ca urmare, sistemul lor nervos s-a dezvoltat mai mult ca la animalele terestre. Delfinul este considerat azi ca al doilea animal pe scara inteligenței după om.

B a l e n e l e cu f a n o a n e cu care filtrează apa reținînd animalele ce se găsesc în ea. Sînt organisme de regiuni reci, unde există un fitoplancton foarte bogat și un zooplancton (mai ales macrozooplancton) tot așa de abundent, pe care îl filtrează prin fanoane și care constituie hrana lor principală (în primul rînd crustaceul *Euphausia superba*). Hrana aceasta, sub forma unor cîrduri compacte sau dispersate, concentrate la adîncimea de 5—20 m, constituie un fel de „pajiște animală" pe seama căreia ele pot să ajungă la talii de peste 100 000 kg masă corporală (în apă senzația de greutate aproape lipsește, greutatea reală a animalelor fiind într-un fel asemănătoare cu aceea a apei dislocuite). Unei balene de 80—100 tone îi trebuie zilnic în hrană circa 3 000 kg de euphausiacee.

Există numeroase specii de balene: unele au circa 6 m, pe cînd altele peste 30 m lungime (balena albastră este dintre cele mai mari). La naștere, puiul are 8 m și în 3 ani ajunge la 20 m.

Vînătoare lor cea mai intensă (28%) este în Antarctica. Iarna se apropie de zonele tropicale pentru reproducere.

Dintre giganții cu dinți ai Oceanelor (cașalotul, delfinii, narvalul), unii înoată după pradă (care în general este constituită din pești) pînă la mari adîncimi. Cașalotul a fost semnalat la peste 500 m adîncime și poate sta în imersie peste o oră și jumătate. Se înțelege că există adaptări speciale ale aparatului respirator, circulator, ale musculaturii etc., care să permită acest efort fiziologic. Spermanțetul său este foarte căutat pentru industria cosmetică. De asemenea, excrementele lor, alcătuite din îngrămădiri de ciocuri de calmari, conțin *ambra*, un produs apreciat în parfumerie. Grăsimea lor servește la obținerea unui ulei de ars, la fabricarea de margarină etc. Din cauza înlocuirii acestei grăsimi cu uleiuri minerale, vînătoarea de cașaloți a mai scăzut, totuși, în 1955—1956, s-au omorît peste 18 000 de cașaloți (32% din totalul mamiferelor marine vînate în acest interval). Carnea lor este consumată în unele regiuni.

Delfinii sînt numeroși și au talia de 1,5—7 m. Își găsesc hrana (pește) cu ajutorul „radarului" și au posibilitatea de a comunica între ei prin ultrasunete. Sînt furnizori de grăsime și uleiuri fine pentru gresarea ceasurilor și altor instrumente fine. Eschimoșii și alte popoare îi consumă. S-a încercat și la noi obținerea de conserve de delfin din Marea Neagră, dar fără rezultat. Sînt utilizați azi în studii asupra dezvoltării activității nervoase superioare (din 1972 există la Constanța un delfinariu).

Dintre sirenieni demne de amintit sînt manatul și dugongul, care trăiesc în regiunea estuarelor și se hrănesc cu vegetale, ambele pe cale de dispariție. Manatul poate sta vertical în apă, ținîndu-și puiul cu înotătoarele anterioare; de departe aduce cu o femeie (sirenă), de unde și numele și basmele legate de aceasta.

Focile pot trăi un timp și pe uscat, unde nasc puii, îi alăptează, dorm etc. Se hrănesc cu pești, moluște, crustacei și chiar cu păsări sau ouă ale acestora. Se vînează pentru blana lor. Trăiesc în cîrduri, dominați de un mascul (haremuri pînă la 100 indivizi). Unele specii au dispărut prin vînătoare. Azi sînt ocrotite în special în insulele Pribilof și insulele din nordul Oceanului Pacific. Eschimoșii obțin tot ce le trebuie din foci: grăsime, carne, ulei, haine, nervi și tendoane pentru cusut etc. Vînătoarea lor este azi foarte strict reglementată.

Un grup de organisme deosebit de importante în economia generală a mărilor și oceanelor este acela al *păsărilor marine*. Sînt foarte multe specii, unele litorale (majoritatea), altele de larg, (fig. 226). Ele își iau hrana din mări. Se evaluează că păsările scot din mări cam aceeași cantitate de produse finale (pești, nevertebrate) ca și omul, adică circa 60 milioane de tone anual. În bună parte sărurile de N, P, S etc. revin în mări prin dejecțiile lor depuse mai ales sub formă de *guano* pe anumite insule și mai ales în regiunea curentului Humboldt (coastele chiliene). S-a constatat că 1 kg de guano provine din consumul a aproximativ 30 kg pește (la cormoran). Acest guano reprezintă un foarte bun îngrășămînt agricol și a fost utilizat în acest scop din cele mai vechi vremuri de către popoarele Americi de Sud (M. Băcescu). Transformarea biomasei din hrană în săruri minerale pe calea digestiei de către păsări reprezintă o cale foarte rapidă de a reda mediului marin sărurile nutritive care să poată servi imediat la un nou ciclu biologic de sinteze

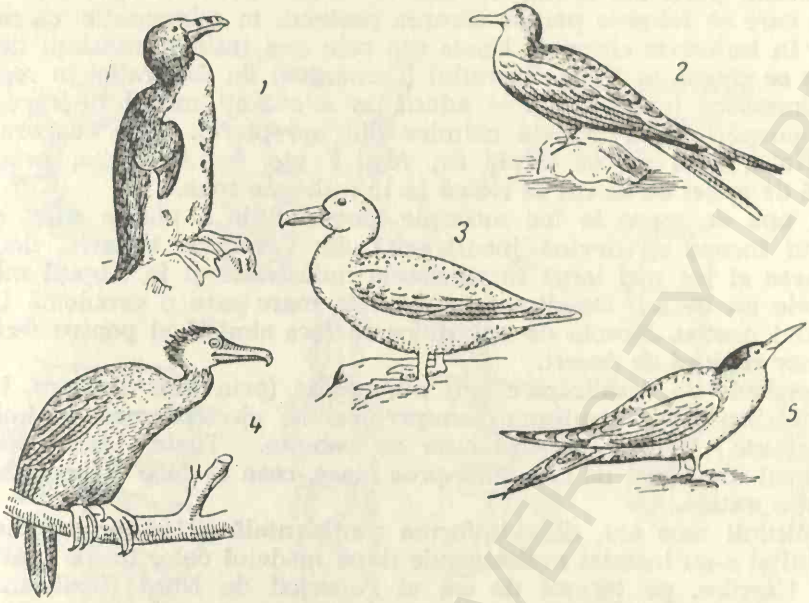


Fig. 226. Păsări oceanice (după Joubin și Robin):
1 — pinguin antartic; *2* — rîndunica de mare; *3* — albatros; *4* — cormoran; *5* — fregata.

fitoplanctonice. Din acest motiv, rolul păsărilor în economia generală a mărilor este deosebit de important, dar încă insuficient cunoscut.

Se pune problema limitei pînă la care se pot scoate bioproduse din mări, fără a periclita reproductibilitatea lor. Pentru a nu se ajunge la situații critice, este necesar ca ansamblul problemelor privind oceanele și mările (exploatarea lor biologică, minerală, energetică etc.) să fie reglementată pe plan mondial.

Sursele minerale din mări (materii minerale). Rocile conțin sub formă solidă săruri în stare liberă sau combinată ale multor elemente de care are nevoie. Dar, în apele marine, se găsesc sub formă solvată cantități imense din unele elemente:

$NaCl$	circa 50 000 000	t/km³	NaF	circa 7 500	t/km³
SO_4Mg	14 000 000	„	Cl_3Al	6 500	„
Cl_2Mg	12 000 000	„	$ClRb$	1 050	„
SO_4Ca	3 800 000	„	$ClLi$	1 500	„
ClK	1 610 000	„	PO_4HNa_2	2 000	„
$BrNa$	180 000	„	Cl_2Ba	200	„
CO_3Ca	241 000	„	KI	150	„
SO_4SR	62 000	„	Au	2	„
$B_4O_7Na_2$	95 000	„	Alte elemente	3 000	„
SiO_2Na_2	38 500	„			

În toate apele marine s-ar găsi peste 4×10^{14} tone săruri (dacă omul ar putea scoate cîte 100 tone pe secundă, i-ar trebui un milion de ani ca să termine).

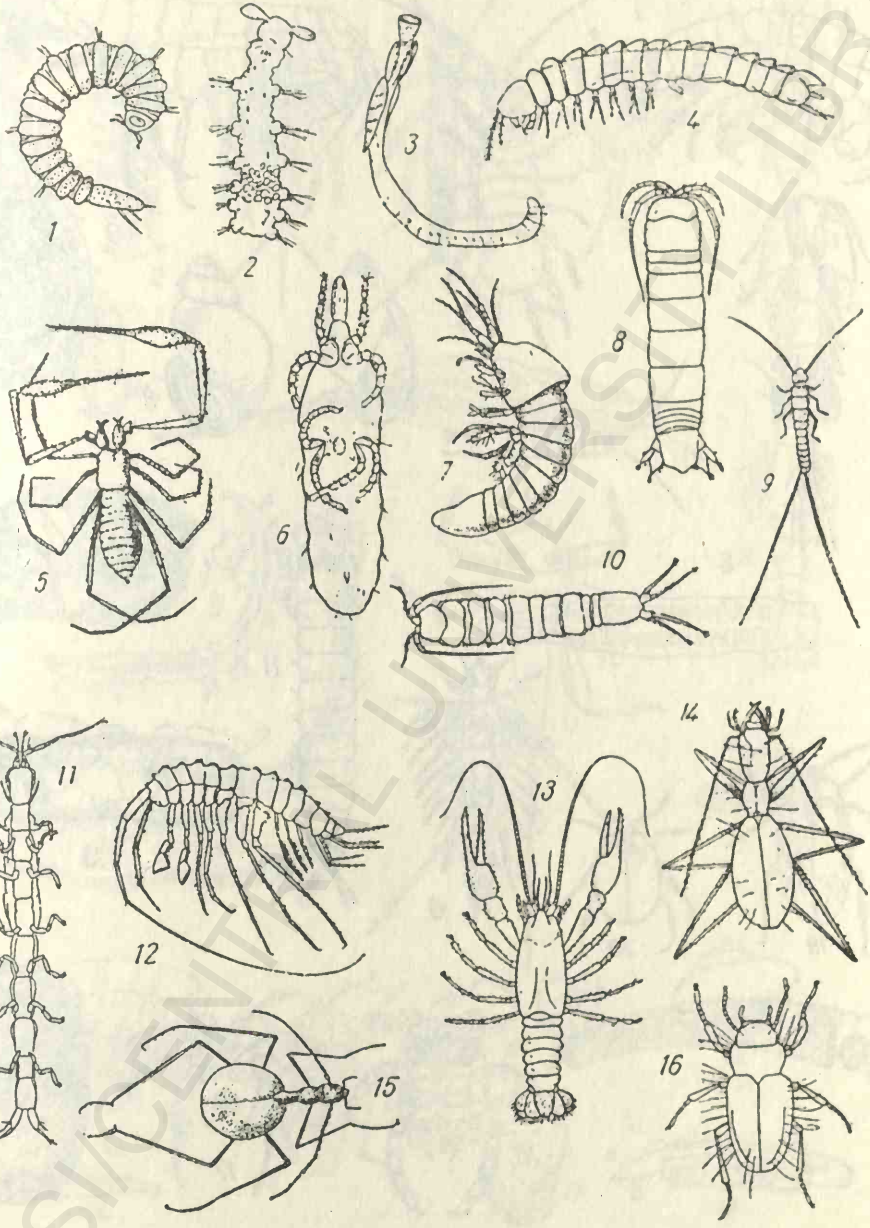
În multe părți ale lumii, din apa de mare, prin evaporare, se scot săruri care se folosesc pentru sărarea peștelui, în alimentație, ca materii prime în industria chimică. Unele din cele mai întinse instalații de evaporare se găsesc în Delta Rhonului (Camargue), în Australia, în regiunea San Francisco (unde sarea se adună în adevărați munți de sare, care este transportată la uzinele chimice din apropiere). Prin evaporare se scot NaCl, apoi săruri de I, Br, Mg, F etc. În Australia, producția anuală de astfel de săruri se ridică la 15 milioane tone.

Din apa de mare se fac multiple încercări de a obține apă dulce. Aceasta începe să devină insuficientă din resursele terestre, deoarece utilizarea ei tot mai largă în procesele industriale și în irigații mărește cerințele an de an. Desalinizarea apei de mare este o problemă încă a secolului nostru. Nevoia de apă dulce se face simțită și pentru fertilizarea unor regiuni de deșert.

Procedeele de desalinizare sînt numeroase (prin vid, distilare, înghețare, trecere prin membrane semipermeabile, electroforeză, schimbători de ioni etc.) și s-au eliberat sute de patente. Toate, însă, prezintă neajunsul unui preț de cost încă prea mare, ceea ce face ca procedeul să fie puțin extins.

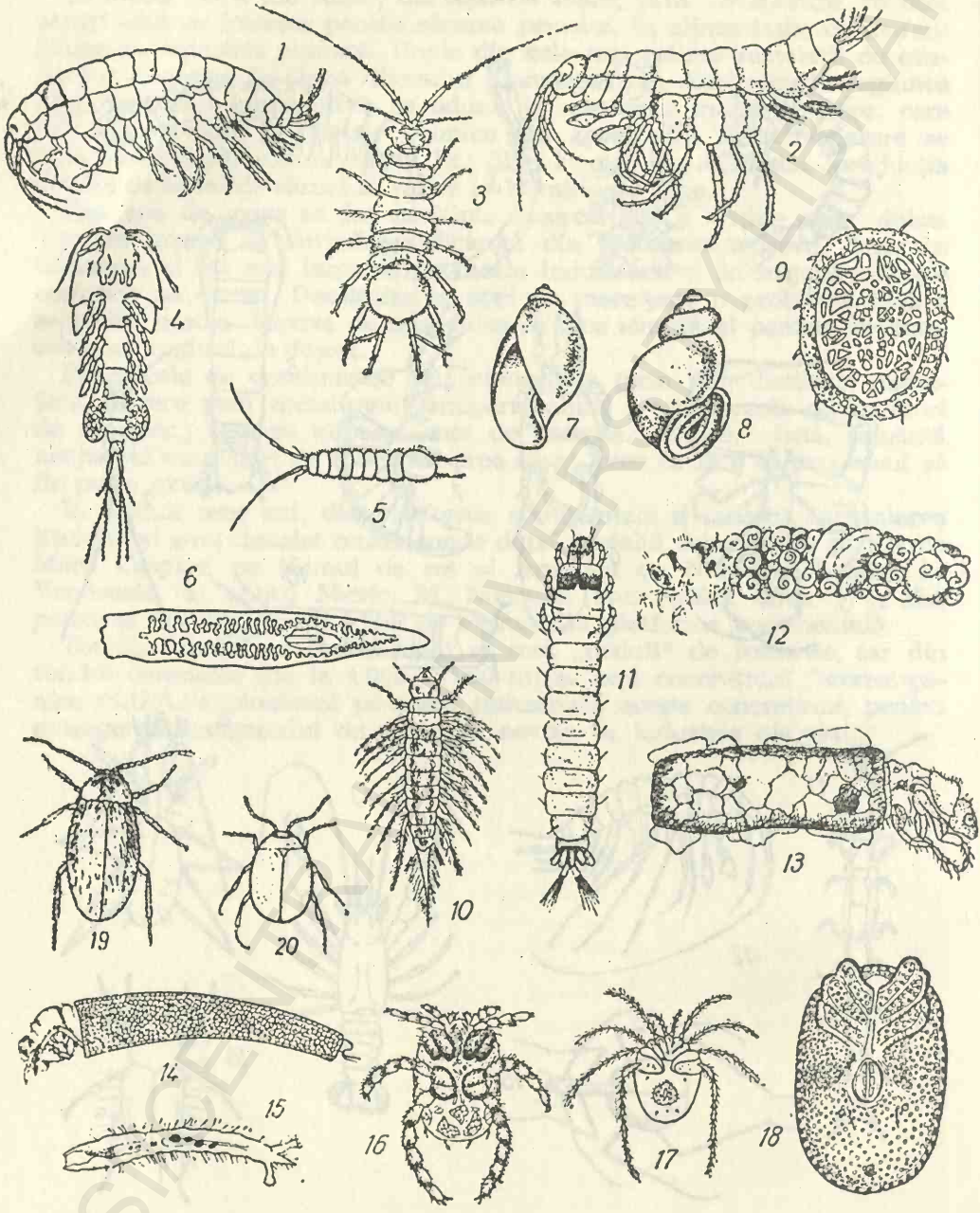
În ultimii zece ani, din platforma continentală a început exploatarea țițeiului și s-au instalat multe sonde după modelul celor de pe platforma Mării Caspice, pe țărmul de est al Americii de Nord (Louisiana), în Venezuela, în golful Mexic, M. Nordului etc. Astăzi, circa 17% din petrol și 6% din gazele lumii se extrag din platforma continentală.

Tot din platforma continentală se scot „noduli" de fosforite, iar din fundul oceanelor (de la 4 000—5 000 m) se scot concrețiuni feromanganice (S.U.A. exploatează pe scară industrială aceste concrețiuni, pentru extragerea manganului de care are nevoie în industria oțelului).



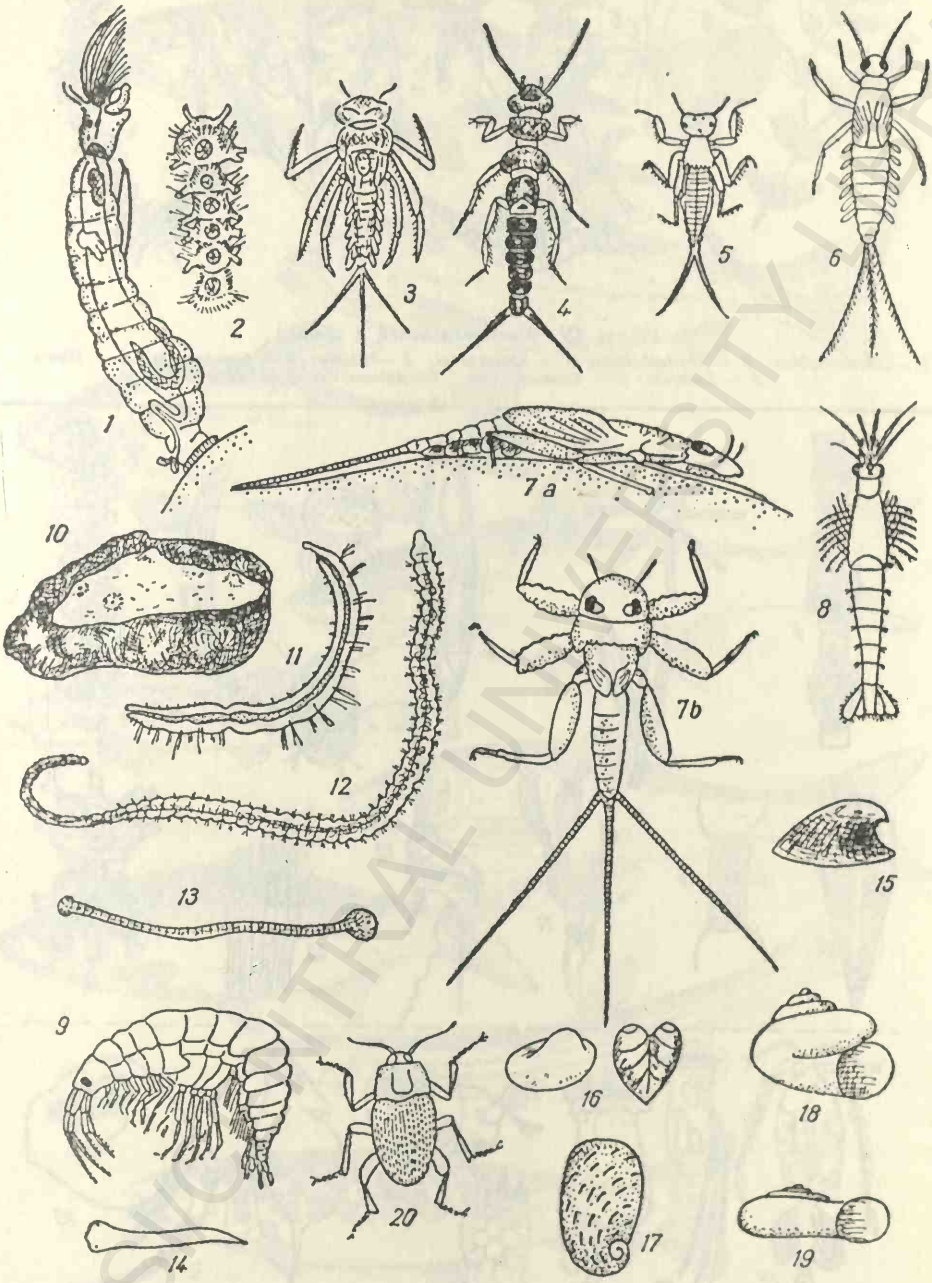
Planșa I. Reprezentanți ai faunei cavernicole :

1 — Desmoscolex aquae dulcis; 2 — Troglochaetus beranecki; 3 — Marifugia acvatica; 4 — Parabathynella carinata, 5 — Neobisium tuzeli; 6 — Charonothrombium racovitzei; 7 — Thermosbaena mirabilis; 8 — Typhlocirolana moraguesi; 8 — Compoda proceres; 10 — Stenasellus virei; 11 — Angeliera phreaticola; 12 — Niphargus balcanicus; 13 — Cambarus setosus; 14 — Aphaenops pluto; 15 — Leptodorus hohenwarti; 16 — Phreatodytes relictus.



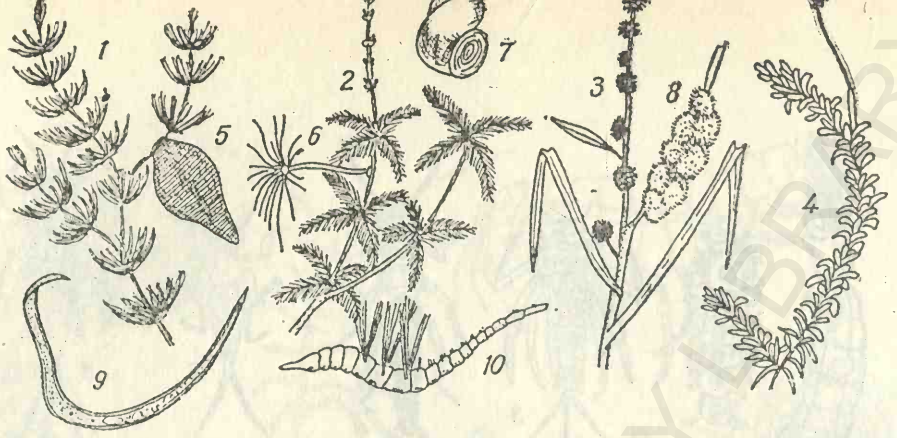
Planşa II. Fauna izvoarelor limnocrene :

1 — Niphargus valachicus; 2 — Synurella ambulans; 3 — Asellus aquaticus; 4 — Cyclops teras; 5 — Asellus cavaticus; 6 — Dendrocoelum infernale; 7 — Physa acuta; 8 — Bithynia tentaculata; 9 — Thyopsis cancellata; 10 — Sialis lutaria; 11 — Lype reducta; 12 — Limnophilus flavicornis; 13 — Lithax obscurus; 14 — Beraea pullata; 15 — Pelopia (Chiron) sp.; *16 — Dacothyas savulescui; 17 — Hygrobates norvegicus; 18 — Bandakia corsica; 19 — Helodes minuta; 20 — Eubria palustris.*



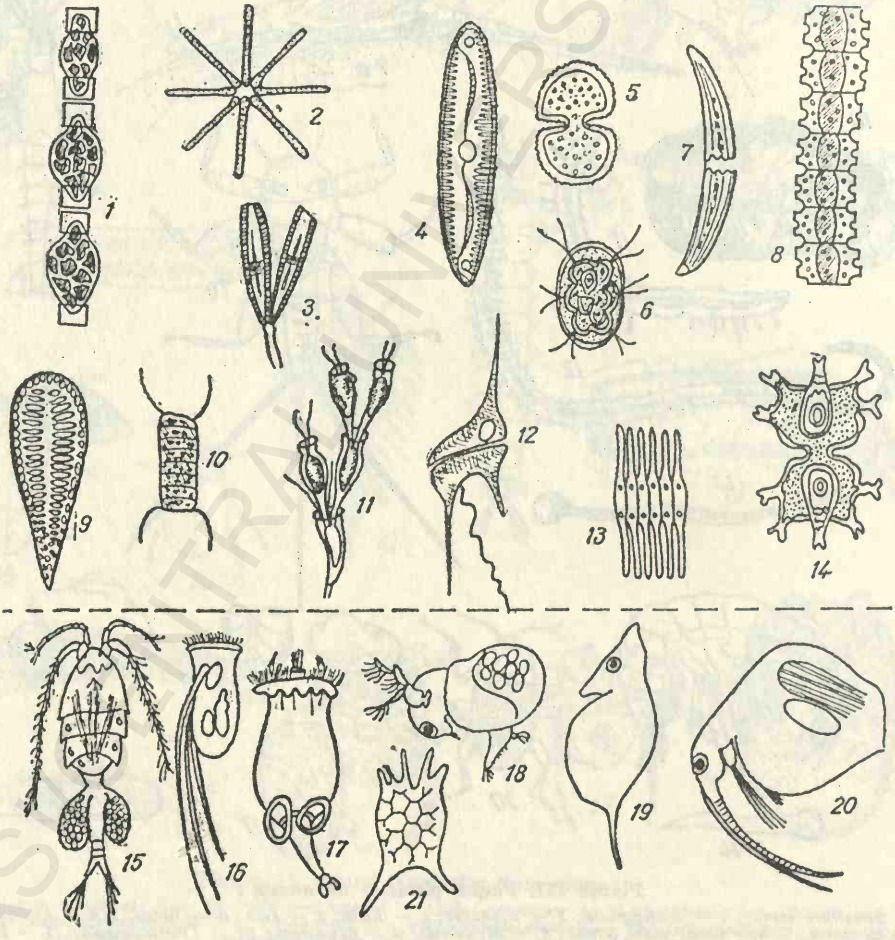
Planșa III. Fauna pîraielor de munte :

1 — Simulium (larvă); *2 — Bibiocephala; 3 — Ecydurus; 4 — Perla; 5 — Iron; 6 — Bătis; 7, a — Ecydonurus* prins în piatră; *7, b* — idem, văzut dorsal; *8 — Metamysis; 9 — Gammarus; 10 — Trochospongilla; 11 — Nais; 12 — Tubifex; 13 — Piscicola; 14 — Planaria; 15 — Ancylus; 16 — Pisidium; 17 — Theodoxus; 18 — Valvata piscinalis; 19 — Valvata cristata; 20 — Helmis.*



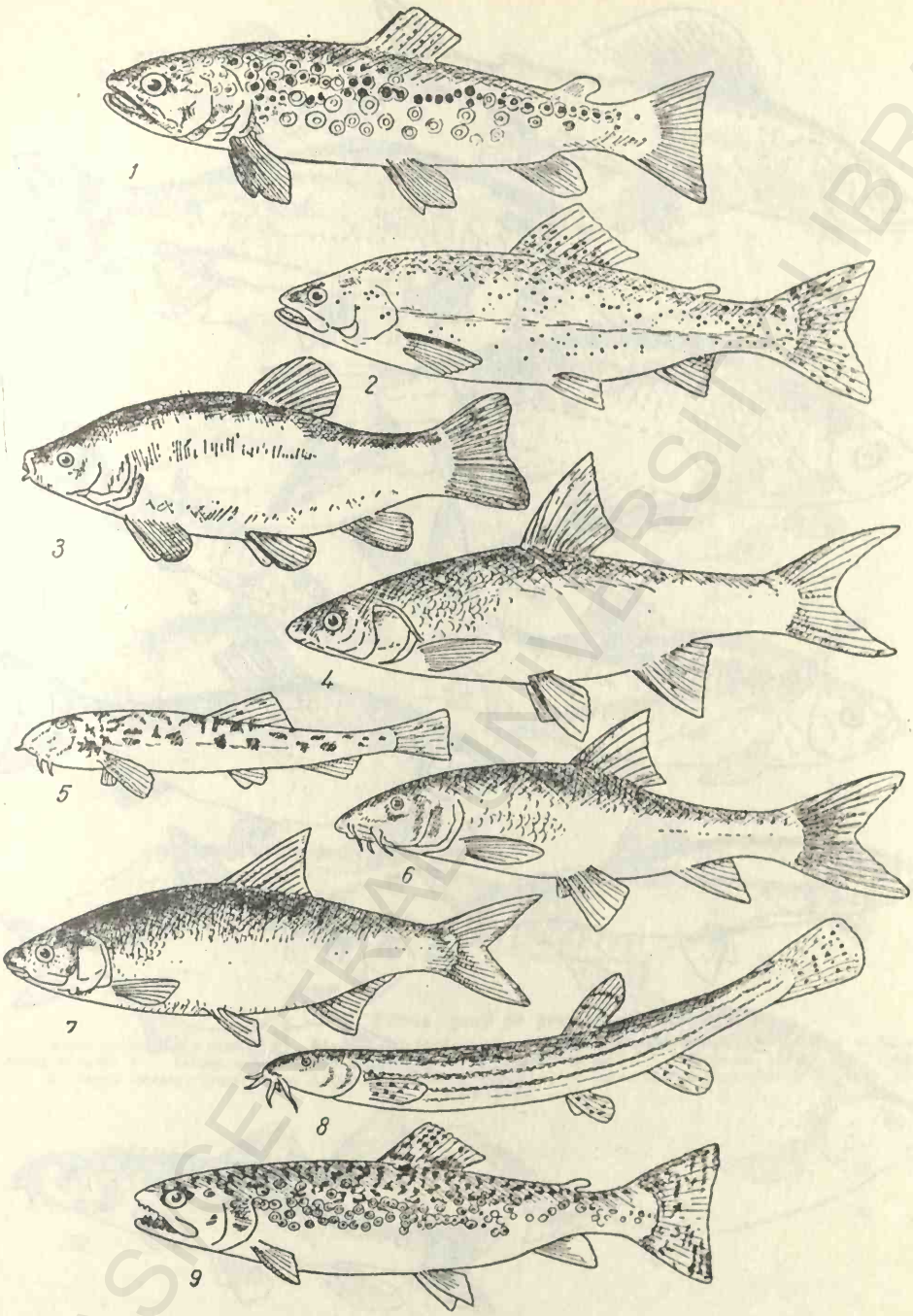
Planşa IV. Biocenoza lotică a rîului :

1 — Ceratophyllum; 2 — Myriophyllum; 3 — Sparganium; 4 — Elodea; 5 — Glossiphonia; 6 — Hydra; 7 — Bythynia; 8 — Plumatella; 9 — Dorylaimus; 10 — Chaetogaster.



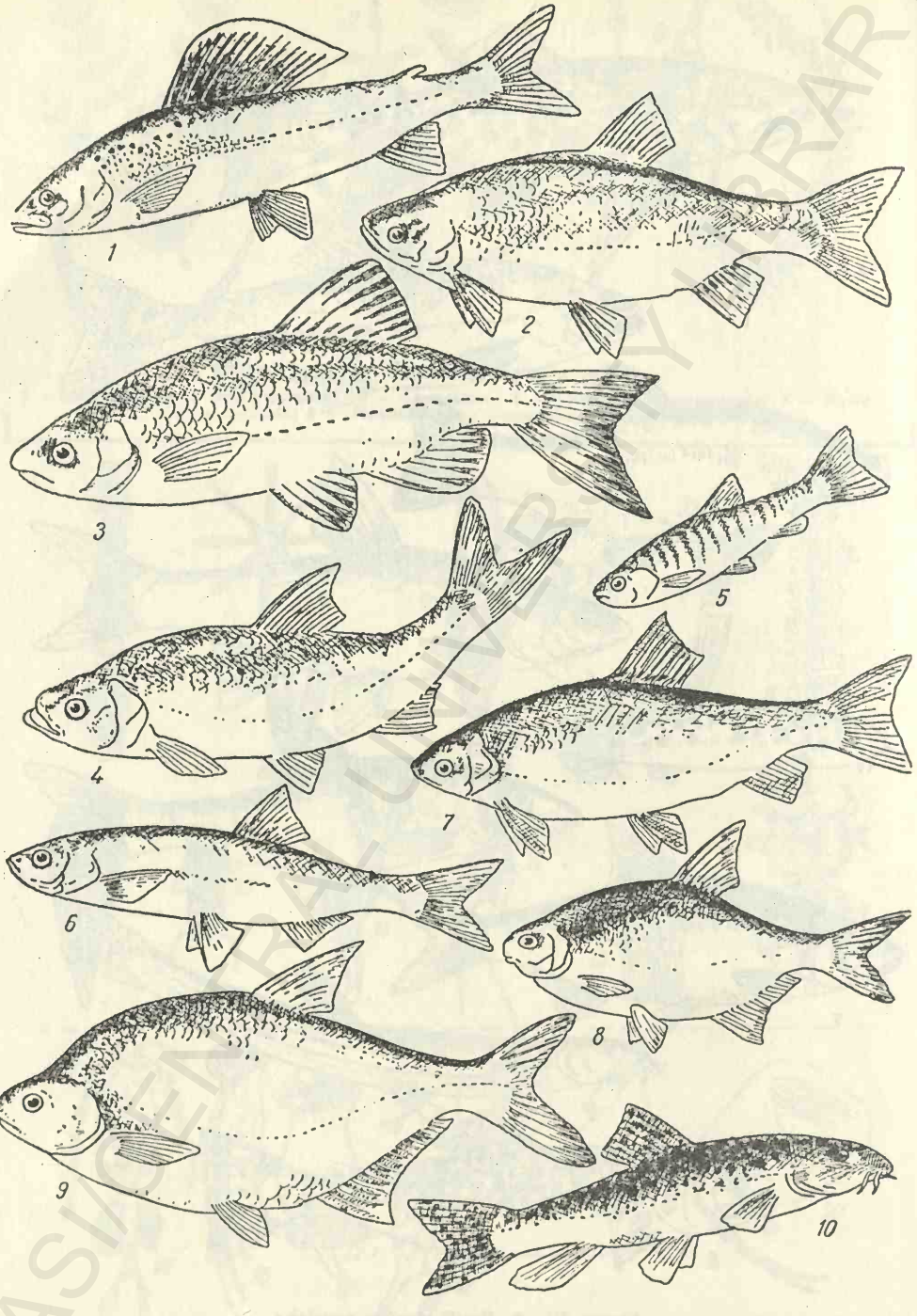
Planşa V. Biocenoza lenitică a rîului :

1 — Melosira; 2 — Asterionella; 3 — Gomphonema; 4 — Pinnularia; 5 — Cerastium; 6 — Pandorina; 7 — Closterium; 8 — Desmidium; 9 — Surirella; 10 — Scenedesmus; 11 — Dinobryon; 12 — Ceratium; 13 — Fragillaria; 14 — Staurastium; 15 — Cyclops; 16 — Filina; 17 — Brachionus; 18 — Sida; 19 — Daphnia; 20 — Bosmina; 21 — Keratella.



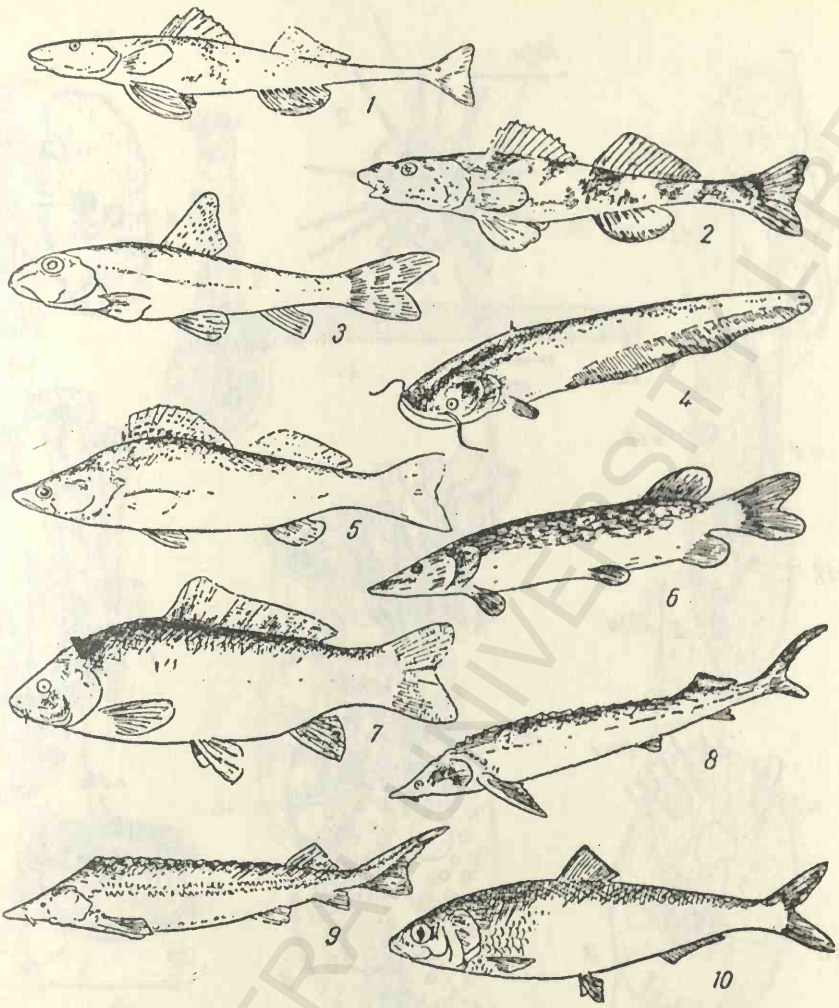
Planșa VI. A. Peștii riurilor noastre :

1 — Salmo trutta fario (păstrăvul de munte); *2 — Salmo gairdneri irideus* (păstrăvul curcubeu); *3 — Tinca tinca* (linul); *4 — Chondrostoma nasus nasus* (scobarul); *5 — Sabanejewia aurata bulgarica* (dunăriță); *6 — Barbus barbus barbus* (mreana); *7 — Vimba vimba carinata* (morunașul); *8 — Misgurnus fossilis* (țiparul); *9 — Salvelinus fontinalis* (păstrăvul fintinel).



Planşa VI. B. Peştii rîurilor noastre :

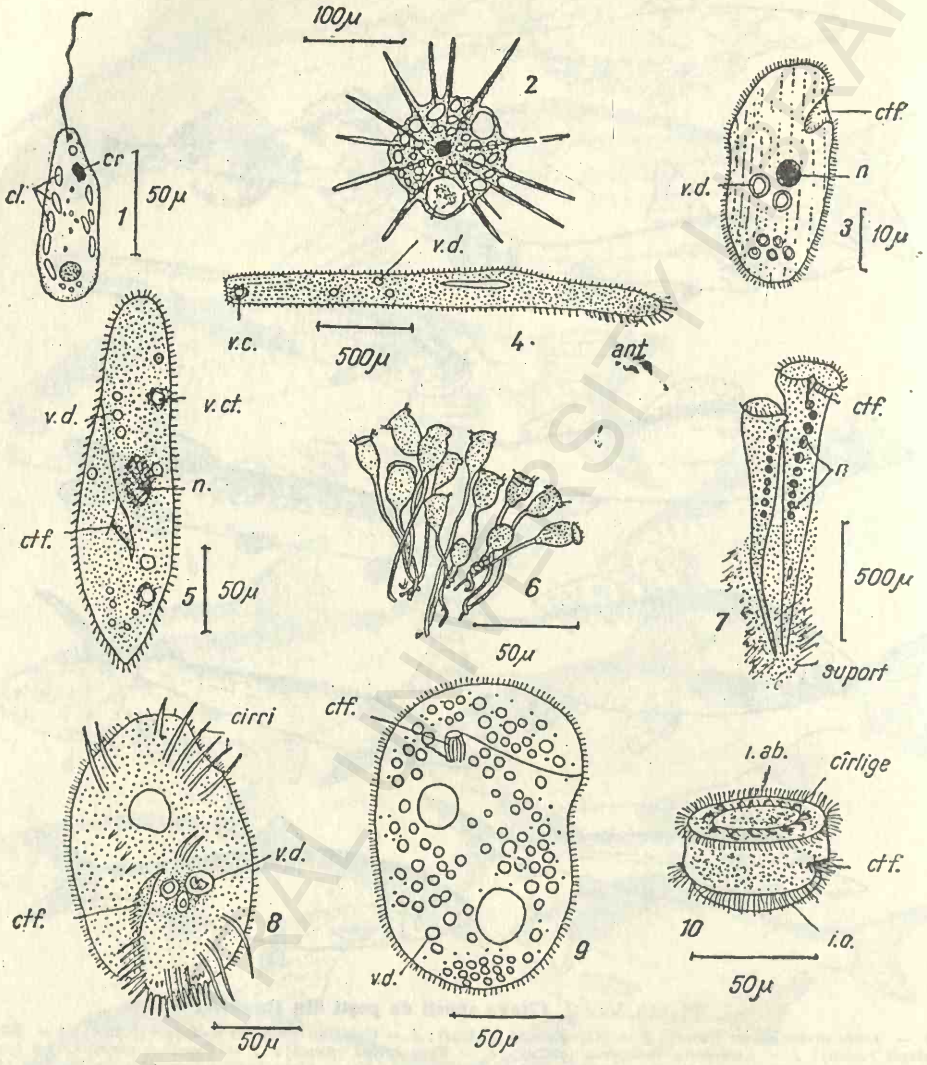
1 — Thymallus thimallus (lipanul); *2 — Scardinius erythrophtalmus* (roşioara); *3 — Leuciscus cephalus cephalus* (cleanul); *4 — Aspius aspius aspius* (avatul); *5 — Phoxinus phoxinus* (boişteanul); *6 — Chalcalburnus chalcoides mento* (obletul mare); *7 — Rutilus rutilus carpathorossicus* Vladykov (babuşca); *8 — Blicca bjorkna bjorkna* (batca); *9 — Abramis brama danubii* (plătica); *10 — Barbus meridionalis petenyi* (moiaga).



Planșa VI. C. Citeva specii de pești din Dunăre :

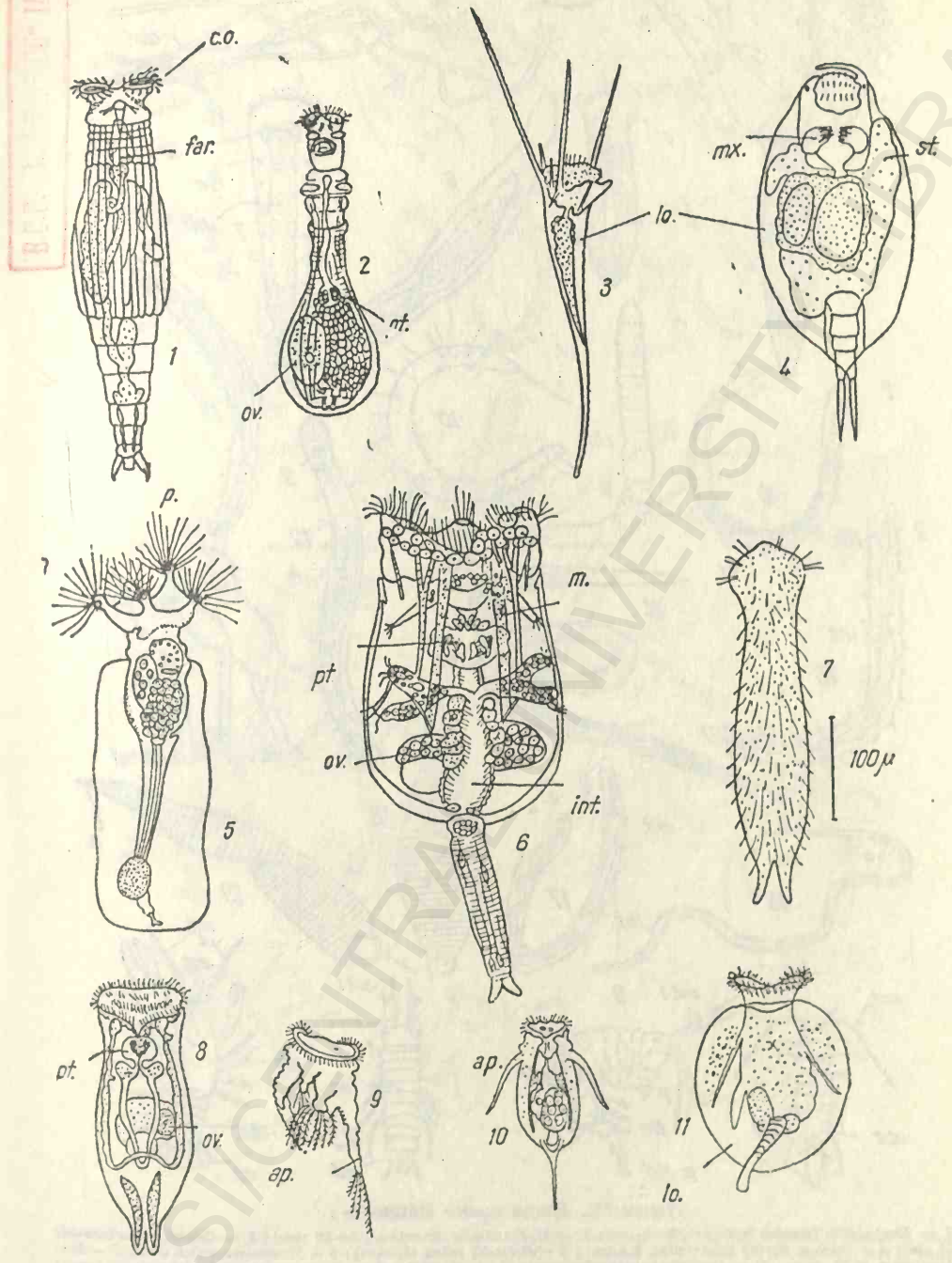
1 — Aspro streber streber (fusar) ; *2 — Aspro zingel* (pietrar) ; *3 — Gobio albipinnatus vladykovi* (porcoi) ; *4 — Silurus glanis* (somn) ; *5 — Lucioperca lucioperca* (șalău) ; *6 — Esox lucius* (știucă) ; *7 — Cyprinus carpio carpio* (crap) ; *8 — Acipenser ruthenus* (cegă) ; *9 — Acipenser nudiventris* (viză) ; *10 — Alosa pontica* (scrumbia de Dunăre) (după Vasiliu).

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



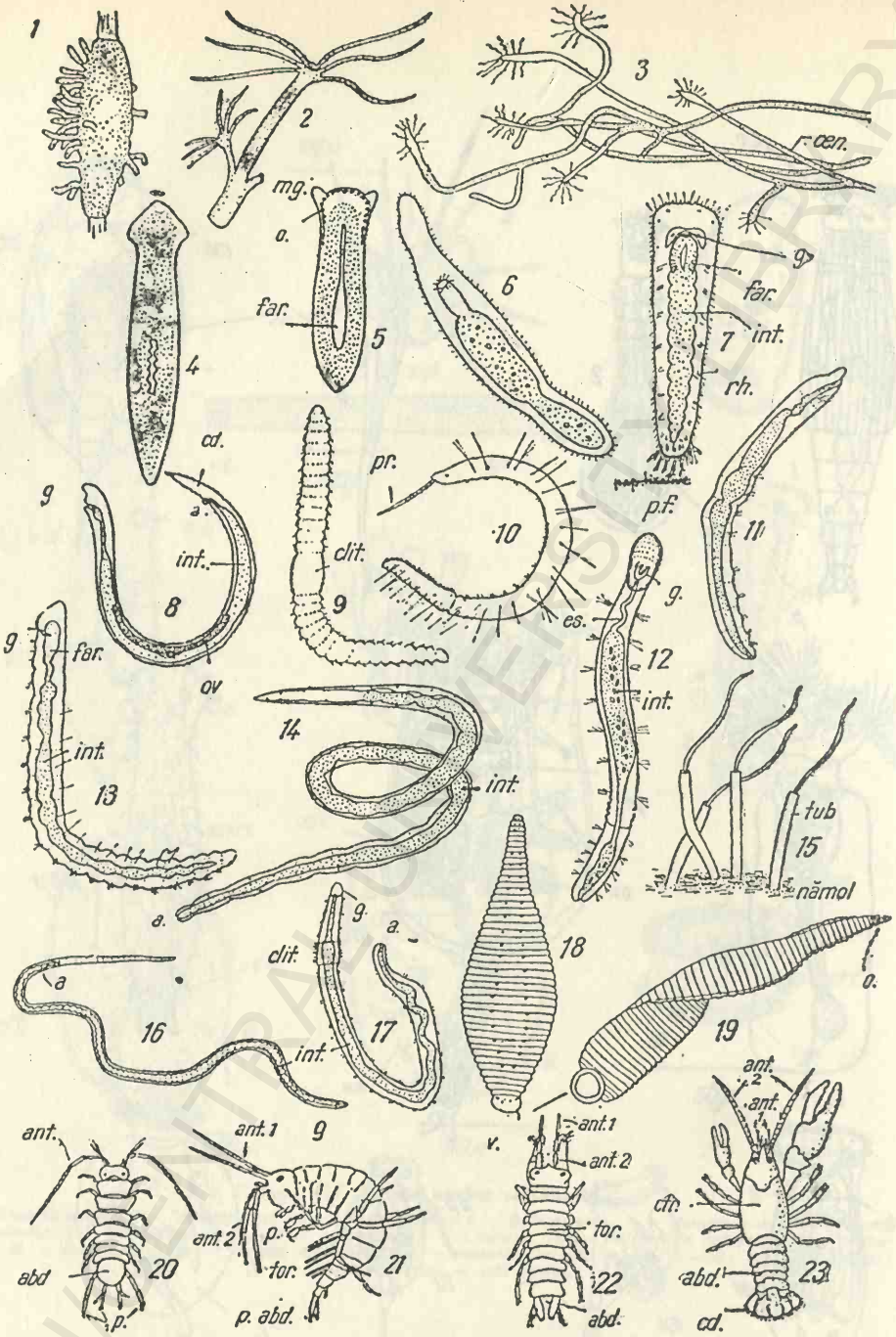
Planșa VII. Fauna apelor stătătoare :

1 — Euglena viridis; 2 — Actinophyrys sol; 3 — Colpidium; 4 — Spirostomum; 5 — Paramaecium; 6 — Colonie de Vorticella; 7 — Stentor polymorpha; 8 — Stylonichia; 9 — Chilodon; 10 — Ttrichodinia (infuzor); *cr.* — cromatofor; *cl.* — cloroplaste; *v.d.* — vacuolă digestivă; *v.ct.* — vacuolă contractilă; *n* — nucleu; *ctf* — citofaringe; *i.o.* — inel oral; *i.ab.* — inel aboral.



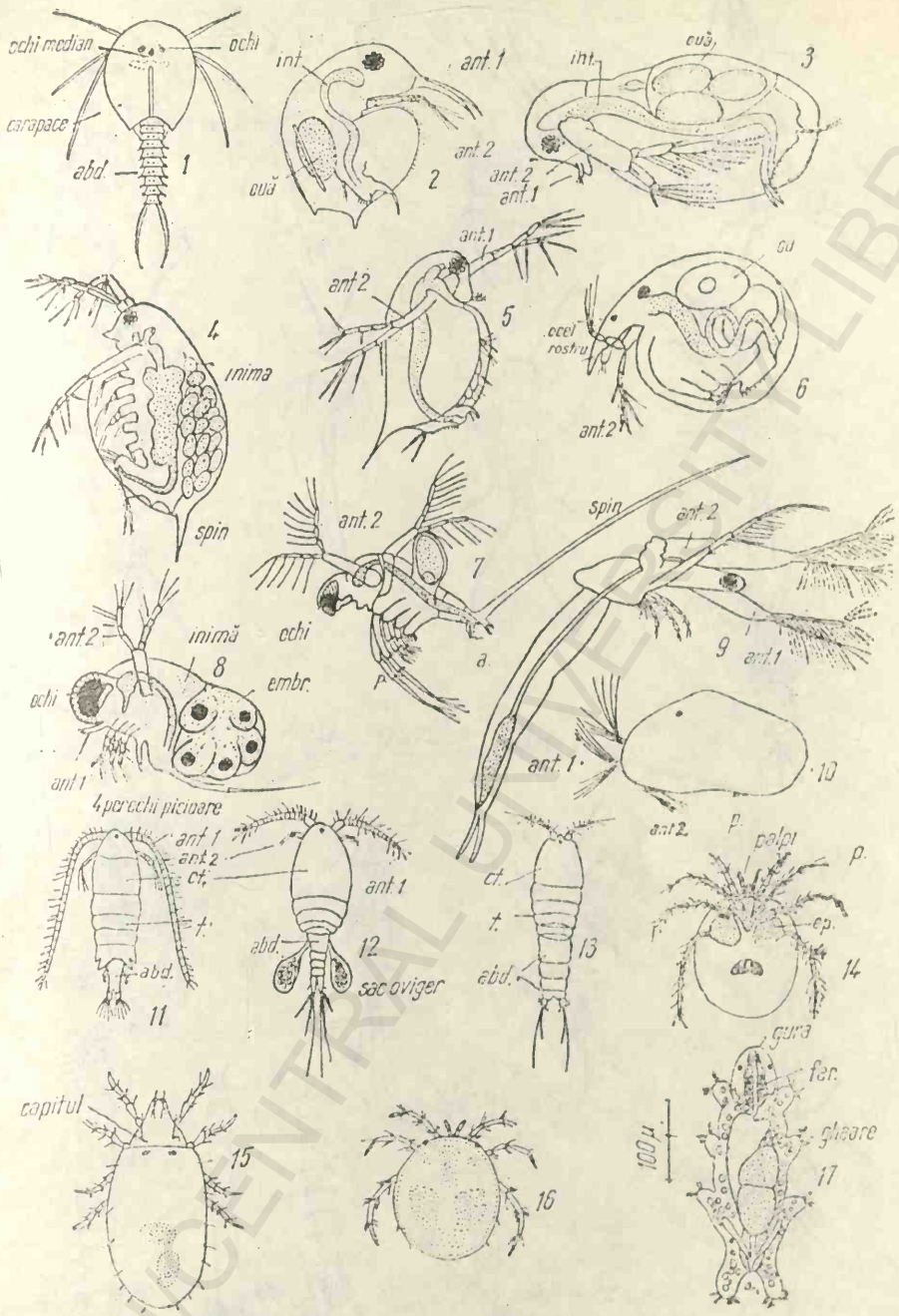
Planşa VIII. Fauna apelor stătătoare :

1 — *Philodina* (rotifer 0,3 mm); *2* — *Callidina* (0,25 mm); *3* — *Notholca* (0,50 mm); *4* — *Colurus* (0,10 mm); *5* — *Floscularia* (0,7 mm); *6* — *Brachionus* (0,50 mm); *7* — *Chaetonotus (Gastrotriche)*; *8* — *Hydatina senta* (0,50 mm); *9* — *Pedalion* (0,70 mm); *10* — *Triathra* (0,2 mm); *11* ; *Pterodina* (0,20 mm); *far.* — faringe; *mx.* — maxilar; *ov.* — ovar; *pc.* — picior; *pt.* — pipotă; *lo.* — lorica; *co.* — coroană de cili; *m.* — muşchi; *int.* — intestin; *ap.* — apendice pentru salt.



Planşa IX. Fauna apelor stătătoare :

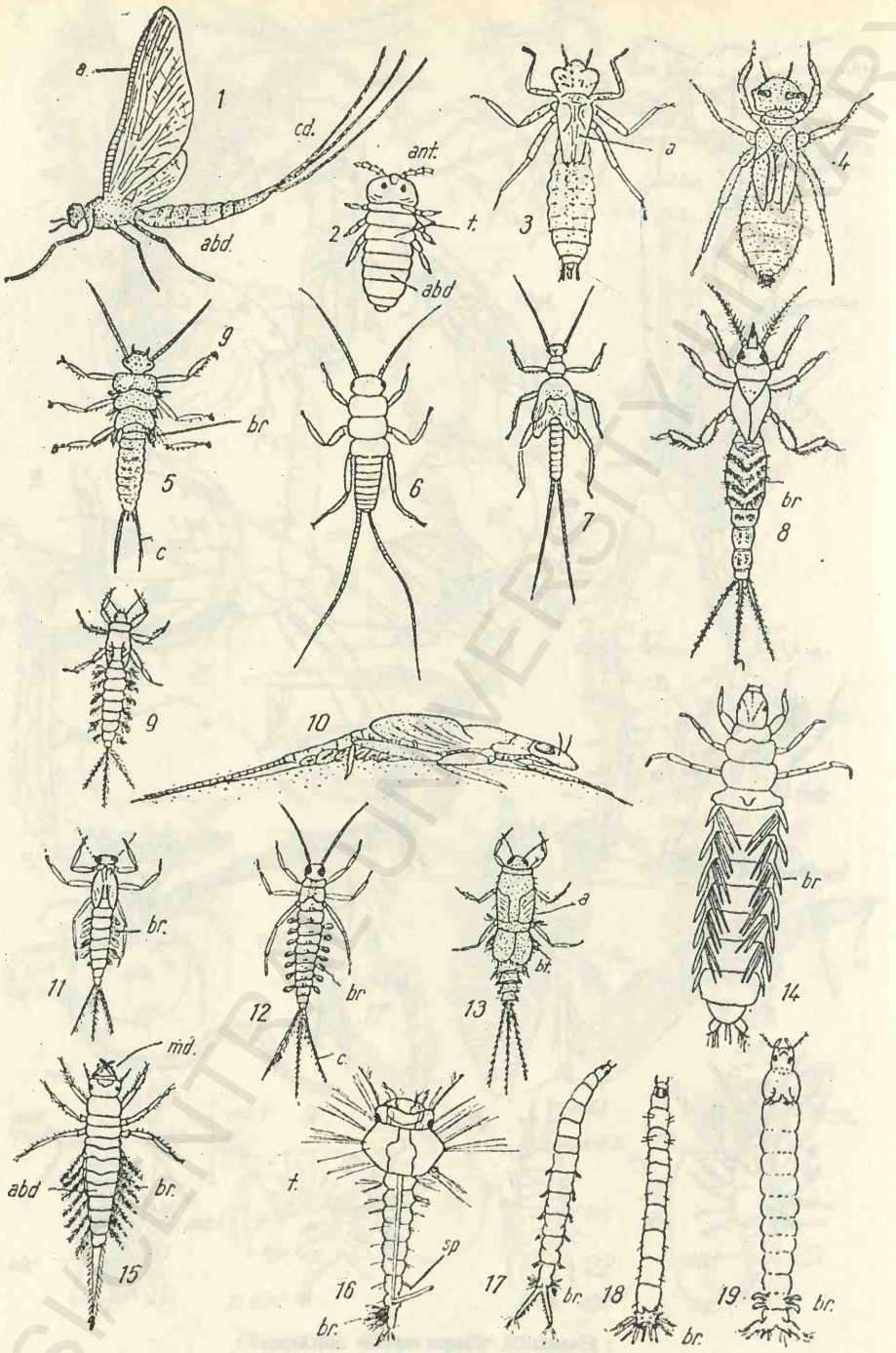
1 — Euspongilla lacustris (spongier, 2—6 cm) ; *2 — Hydra viridis* (celenterat, 5—15 mm) ; *3 — Cordylophora lacustris* (4 cm) ; *4 — Dugesia tigrina* (platelmint, 2,5 cm) ; *5 — Polycelis felina* (1,3 cm) ; *6 — Stenostomum* (1,5 cm) ; *7 — Macrostomum* (0,75 mm) ; *8 — Dorylaimus stagnalis* (nematod, 5—8 mm) ; *9 — Eiseniella tetrahedra* (anelid, 4—5 cm) ; *10 — Stylaria lacustris* (15 mm) ; *11 — Chaetogaster* (7 mm) ; *12 — Aelostoma hemprichi* (1 mm) ; *13 — Nais* (15 mm) ; *14 — Tubifex* (3 cm) ; *15 —* tuburi de *Tubifex* la exterior ; *16 — Lumbriculus variegatus* (8 cm) ; *17 — Echytraeus* (1,5 cm) ; *18 — Glossiphonia* (5,5 cm) ; *19 — Haemopsis* (9 cm) ; *20 — Asellus aquaticus* (isopod, 2—3 cm) ; *21 — Gammarus pulex* (1,7 cm) ; *22 — Corophium curvispinum* (8 mm) ; *23 — Astacus astacus* (decapod, 15 cm) ; *clit.* — clitelum ; *ov.* — ovar ; *int.* — intestin ; *far.* — faringe ; *es.* — esofag ; *g.* — gura ; *a.* — anus ; *ant.*$_1$, *ant.*$_2$ — antenele 1 şi 2 ; *abd.* — abdomen ; *p.* — picioare ; *p.tor.*, *p.abd.* — picioare toracice şi abdominale ; *tor.* — torace ; *cfr.* — cefalotorace ; *clit.* — clitoris ; *v.* — ventuză ; *mg.* — mugure ; *cen.* — cenosarc ; *rh.* — rhabdite ; *p.f.* — papile fixative ; *pr.* — proboscis ; *cd.* — coadă.



Planșa X. Fauna apelor stătătoare :

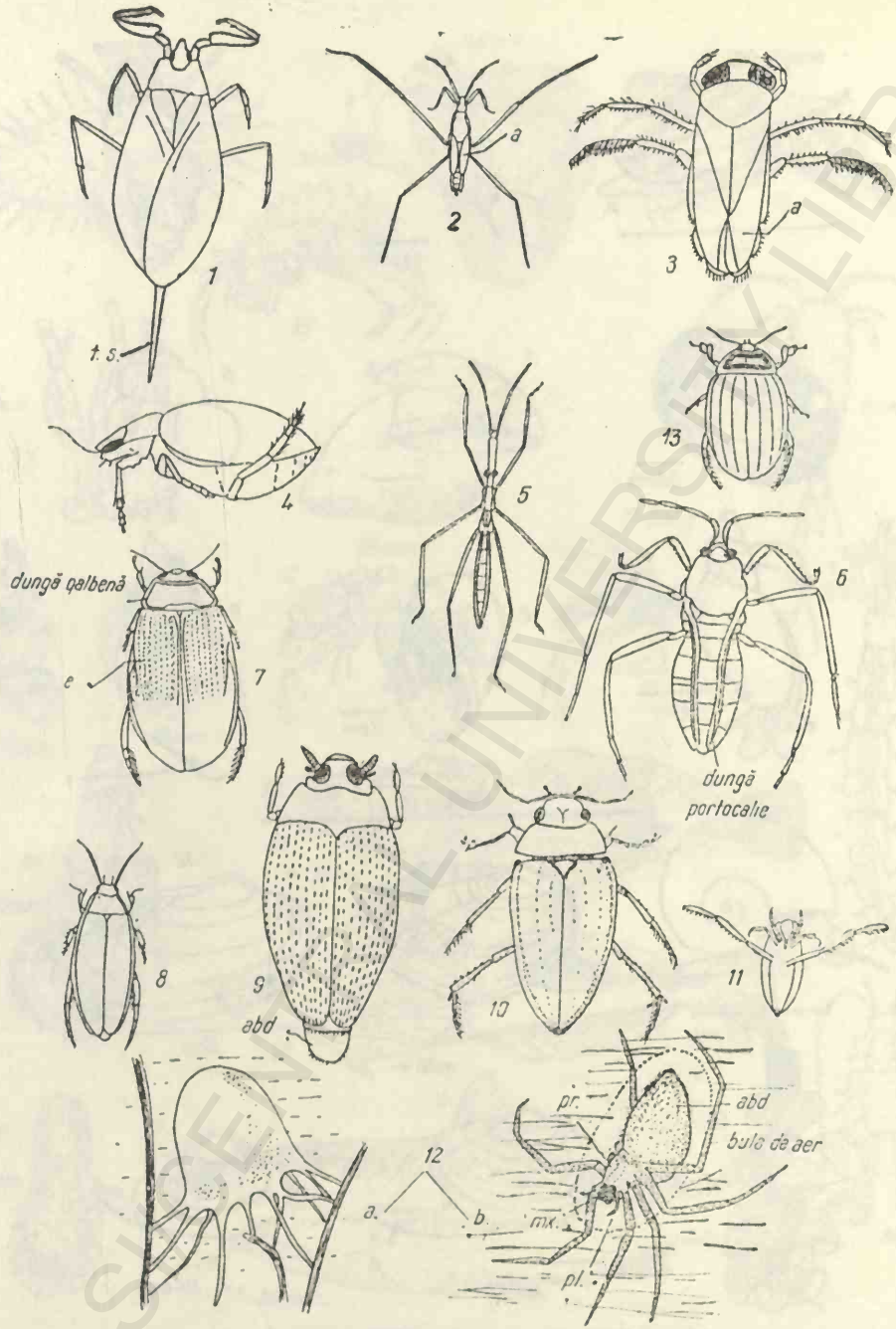
1 — *Apus cancriformis* (filopod, 10 mm) ; *2* — *Bosmia longirostris* (cladocer, 1—3 mm) ; *3* — *Sida cristalina* (3 mm) ; *4* — *Daphnia pulex* ♀ (2 mm) ; *5* — *Daphnia pulex* ♂ (1 mm) ; *6* — *Chydorus* (0,3 mm) ; *7* — *Bythotrephes* (3 mm) ; *8* — *Polyphemus* (1,4 mm) ; *9* — *Leptodora* (20 mm) ; *10* — *Cypris* (ostracod, 2 mm) ; *11* — *Diaptomus* (copepod, 1—3 mm) ; *12* — *Cyclops* ♀ (0,5—3 mm) ; *13* — *Canthocamptus* (1 mm) ; *14* — *Hygrobates* (hidracarian, văzut ventral, 2 mm) ; *15* — *Magapus* (1 mm) ; *16* — *Mediopsis* (1 mm) ; *17* — *Macrobiotus macronyx* (tardigrad, 3 mm) ; *abd.* — abdomen ; *t.* — torace ; *int.* — intestin ; *ant.*$_1$ și *ant.*$_2$ — antenele 1 și 2 ; *p.* — picior ; *ct.* — cefalotorace ; *far.* — faringe ; *ep.* — epimeron ; *a.* — anus.

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



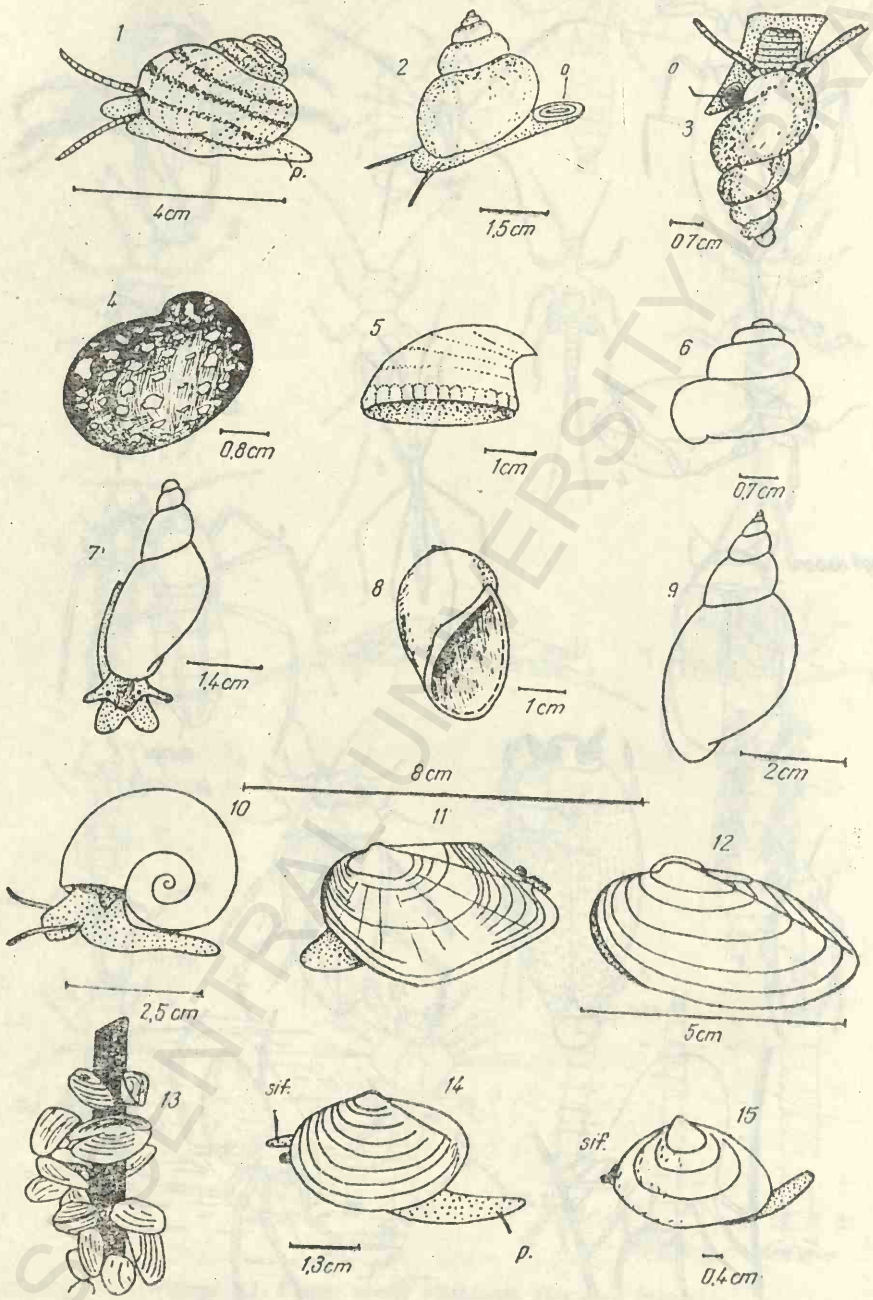
Planşa XI. Fauna apelor stătătoare *(larve de insecte):*

1 — *Ephemera* — adult (3—4 cm); *2* — *Podura* (colembole, 1,5 mm); *3* — *Aeschna cyanea* — nimfă (odonat, 4,2 cm); *4* — *Libellula quadrimaculata* — nimfă (3,3 cm); *5* — *Perla bipunctata* — nimfă (plecopter, 4 cm); *6* — *Nemoura* — nimfă (1 cm); *7* — *Branchyptera* — nimfă (1,2 cm); *8* — *Ephemera* — nimfă (2 cm); *9* — *Potamanthus luteus* — nimfă (ephemeropter, (3 cm); *10* — *Ecdyonurus venosus* — nimfă pe suport; *11* — *Baëtis* — nimfă (1,5 cm); *12* — *Cloëon* — nimfă (2,2 cm); *13* — *Ephemerella ignita* — nimfă (2 cm); *14* — *Phrygaena* — larvă (trichopter, 3 cm); *15* — *Sialis* — larvă (neuropter, 2,3 cm); *16* — *Culex* — larvă (dipter, 1,2 cm); *17* — *Dicranota* — larvă (2,3 cm); *18* — *Tipula* — larvă (2,5 cm); *19* — *Chironomus* — larvă (2,2 cm); *abd.* — abdomen; *ant.* — antene; *t* — torace; *br.* — branhii; *md.* — mandibule; *a.* — aripi; *g.* — gheare; *c.* — cerci; *cd.* — coadă; *sp.* — spin.



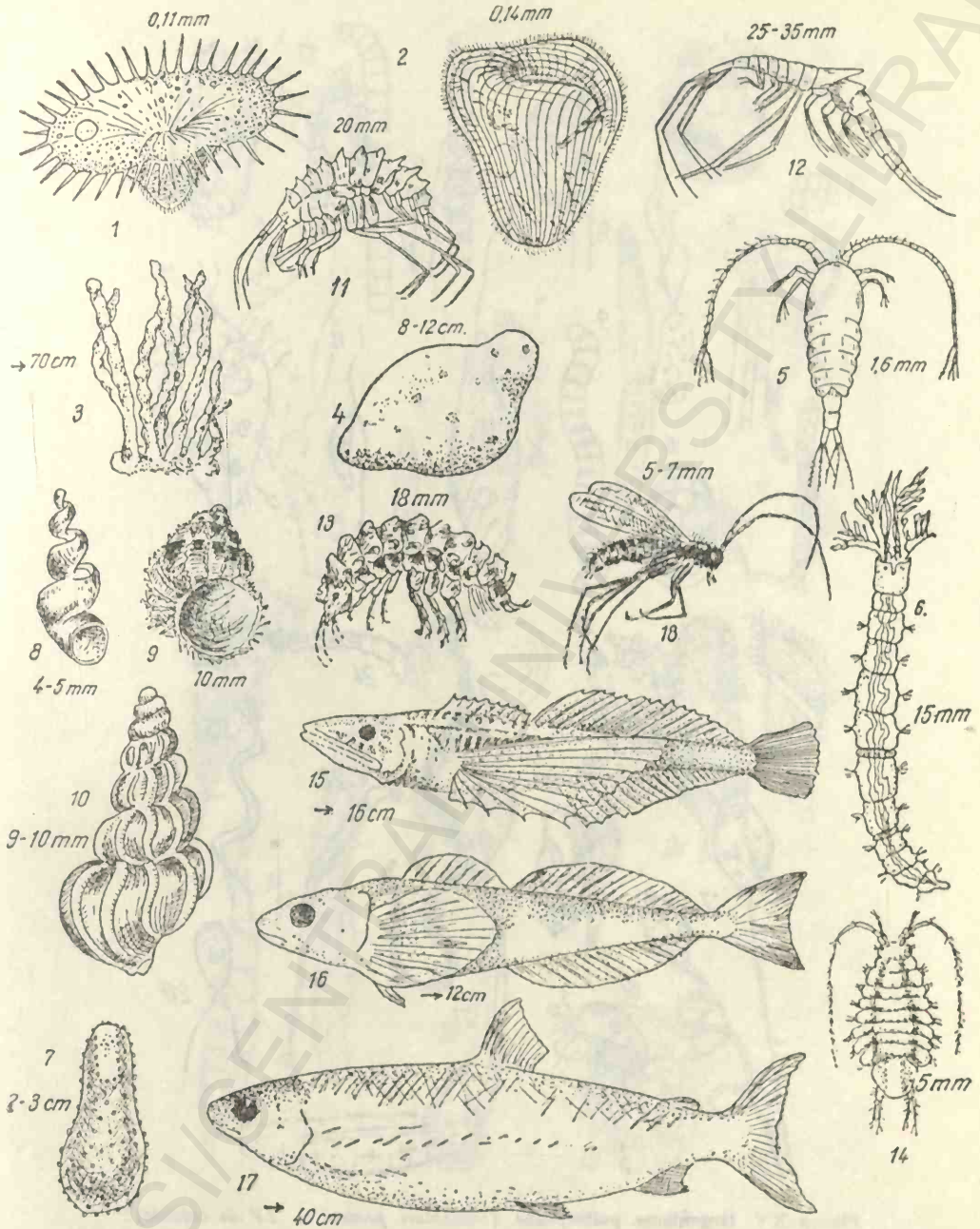
Planşa XII. Fauna apelor stătătoare *(insecte adulte)*:

1 — *Nepa cinerea* (3 cm); *2* — *Geris* (2 cm); *3* — *Coryxa* (2 cm); *4* — *Hydrurus ovatus* (6 mm); *5* — *Hydrometra stagnorum* (1,2 cm); *6* — *Velia caprai* (1 cm); *7* — *Dytiscus marginalis* (3 cm); *8* — *Ilybus* (1,4 cm); *9* — *Gyrinus* (1 cm); *10* — *Hydrous piceus* (5 cm); *11* — *Notonecta* (3,5 cm); *12, a* şi *b* — *Argyroneta aquatica* — clopotul (*a*) şi păianjenul adult (*b*); *13* — *Acilius sulcatus* (4,5 cm); *abd.* — abdomen; *e.* — elitre; *t.s.* — tub seminal; *a.* — aripi; *pr.* — prosom; *mx.* — maxile; *pl.* — palpi.



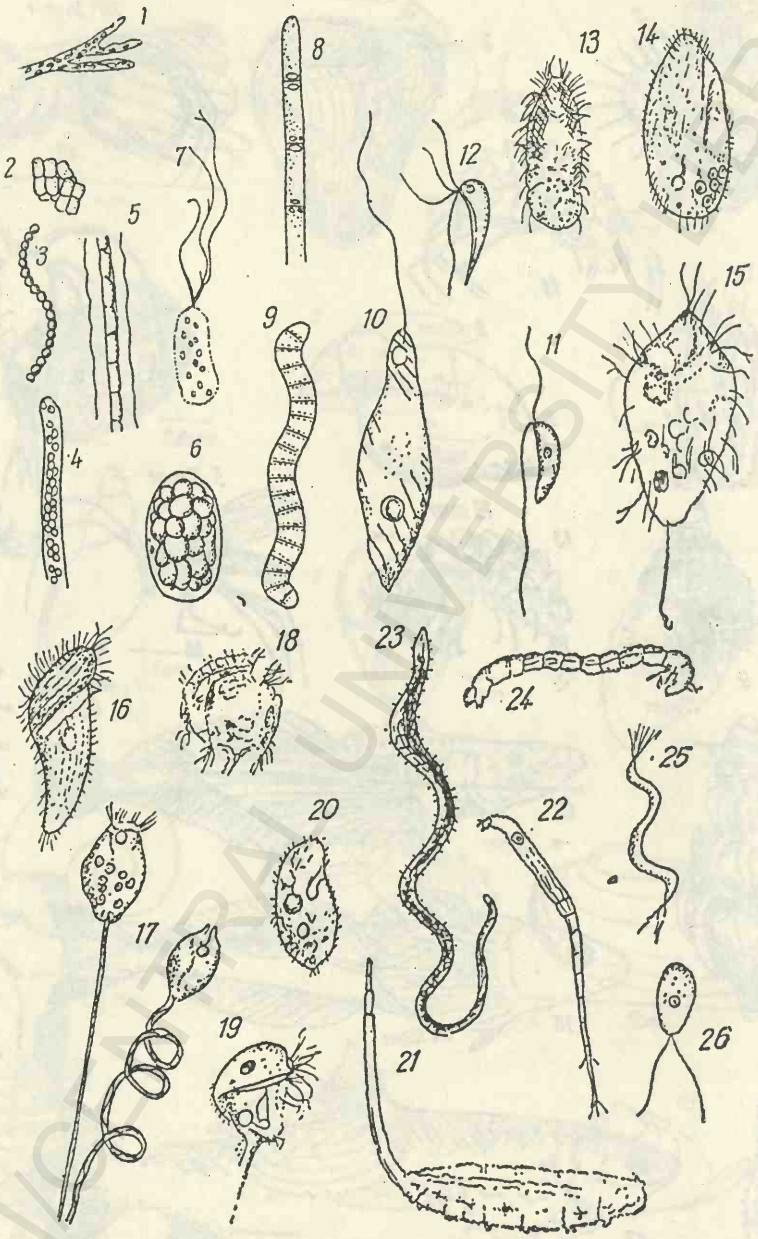
Planşa XIII. Fauna apelor stătătoare *(moluşte)*:

1 — Viviparus viviparus; 2 — Bithynia tentaculata; 3 — Hydrobia jenkins; 4 — Neritina fluviatilis; 5 — Ancylastrum fluviatilis; 6 — Valvata piscinalis; 7 — Limnaea truncatula; 8 — Limnaea pereger; 9 — Limnaea palustris; 10 — Planorbia corneus; 11 — Anodonta anatina; 12 — Unio pictorum; 13 — colonie de *Dreissena polymorpha; 14 — Sphaerium; 15 — Pisidium; o. —* opercul; *p. —* picior; *sif. —* sifoane.



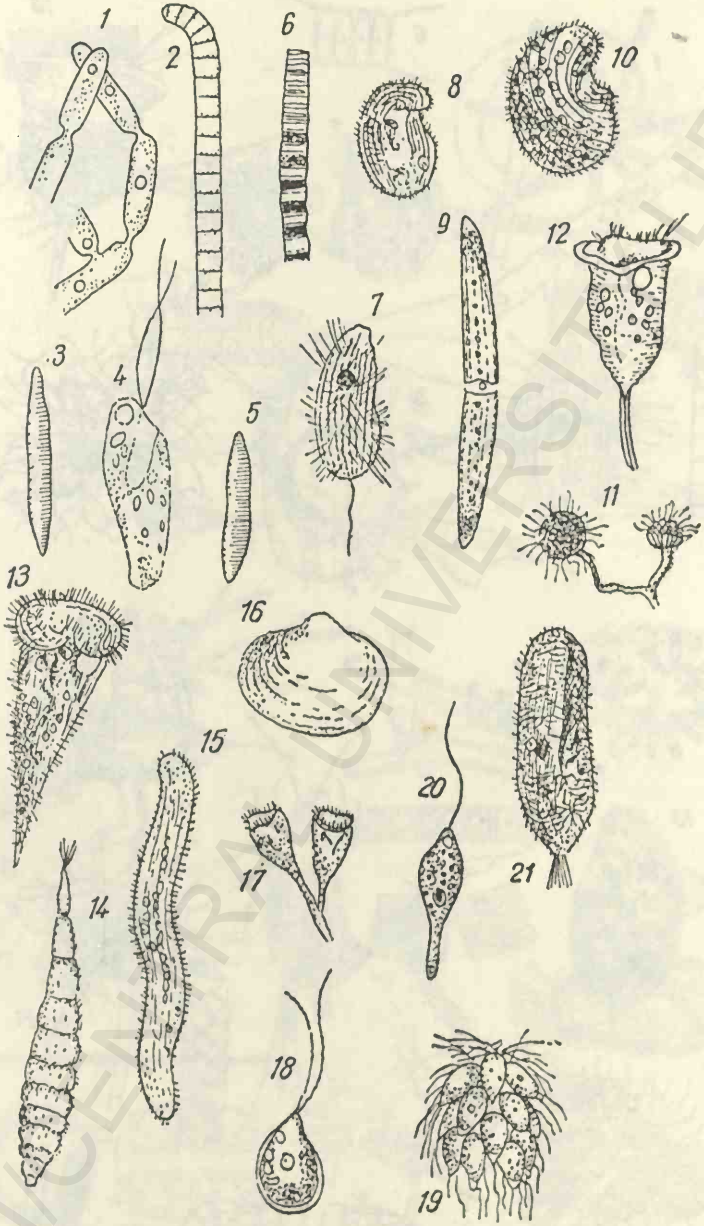
Planşa XIV. Fauna lacului Baikal:

1 — Liliimorpha viridis; 2 — Marituja pelagica (amblilnfuzori); *3 — Lubomirskia baicalensis; 4 — Baicalospongia bacillifera* (ambii — spongieri); *5 — Epischura baicalensis; 6 — Manayunkia baicalensis; 7 — Baicalobia variegata* (turbelariat); *8 — Liobaicalia stiedae; 9 — Baicalia ciliata; 10 — Baicalia costata; 11 — Acanthogammarus flavus; 12 — Macrohectopus branichii; 13 — Brandtia lata; 14 — Asellus baicalensis; 15 — Comephorus dybowskii; 16 — Cottocomephorus grewinghi; 17 — Coregonus autumnalis migratorius; 18 — Baicalia reducta.*



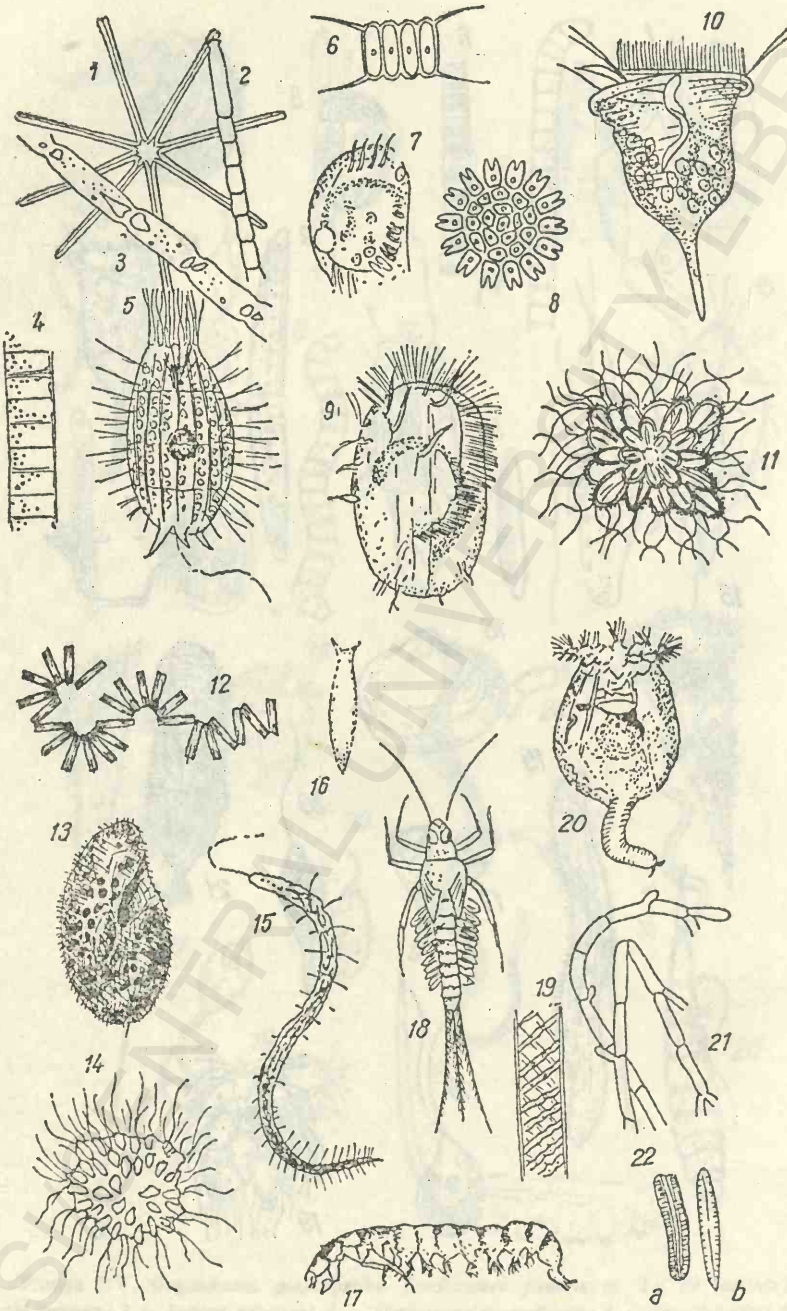
Planşa XV. Organisme polisaprobe *(indicatori pentru cl. IV de calitate):*

1 — Zooglea ramigera; 2 — Sarcina paludosa; 3 — Streptococcus margaritaceus; 4 — Beggiatoa alba; 5 — Sphaerolitus natans; 6 — Achromatium oxaliferum; 7 — Chromatium okenii; 8 — Oscillatoria putrida; 9 — Spirulina yeneri; 10 — Euglena viridis; 11 — Bodo putrinus; 12 — Tetramytus pyriformis; 13 — Enchelis vermicularis; 14 — Glaucoma scintilans; 15 — Trimyema compressum; 16 — Metopus sp.; *17 — Vorticella microstoma; 18 — Saprodinium dentatum; 19 — Caenomorpha medusula; 20 — Colpidium colpoda; 21 — Eistalis* — larvă; *22 — Rotaria neptunia; 23 — Tubifex tubifex; 24 — Chironomus thumni* — larvă; *25 — Spirillum undulans; 26 — Polytoma uvella* (după I. Mălăcea).



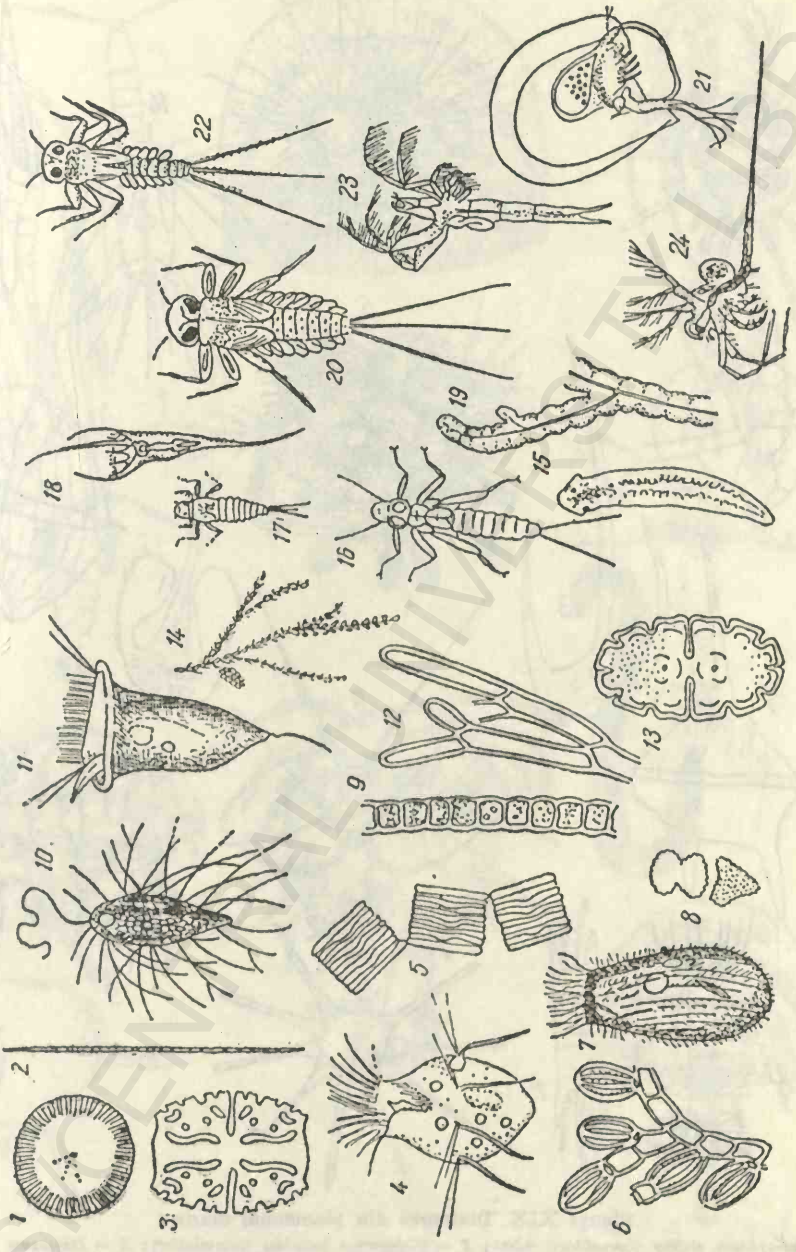
Planşa XVI. Organisme α-mezosaprobe *(indicatori pentru cl. a III-a de calitate):*

1 — Leptomitus lacteus; 2 — Oscillatoria formosa; 3 — Nitschia palea; 4 — Chilomonas paramaecium; 5 — Hentzschia amphioxys; 6 — Stephanodiscus hantzschii; 7 — Uronema marinum; 8 — Chilodonella uncinata; 9 — Closterium acerosum; 10 — Colpoda cucullus; 11 — Antophysa vegetans; 12 — Vorticella convallaria; 13 — Stentor coeruleus; 14 — Stratiomys — larvă; 15 — Spirostomum ambiguum; 16 — Sphaerium corneum; 17 — Carchesium polypinum; 18 — Chlamidomonas ehrenbergii; 19 — Spondylomorum quaternarium; 20 — Astasia klebsii; 21 — Paramaecium caudatum (după I. Mălăcea).



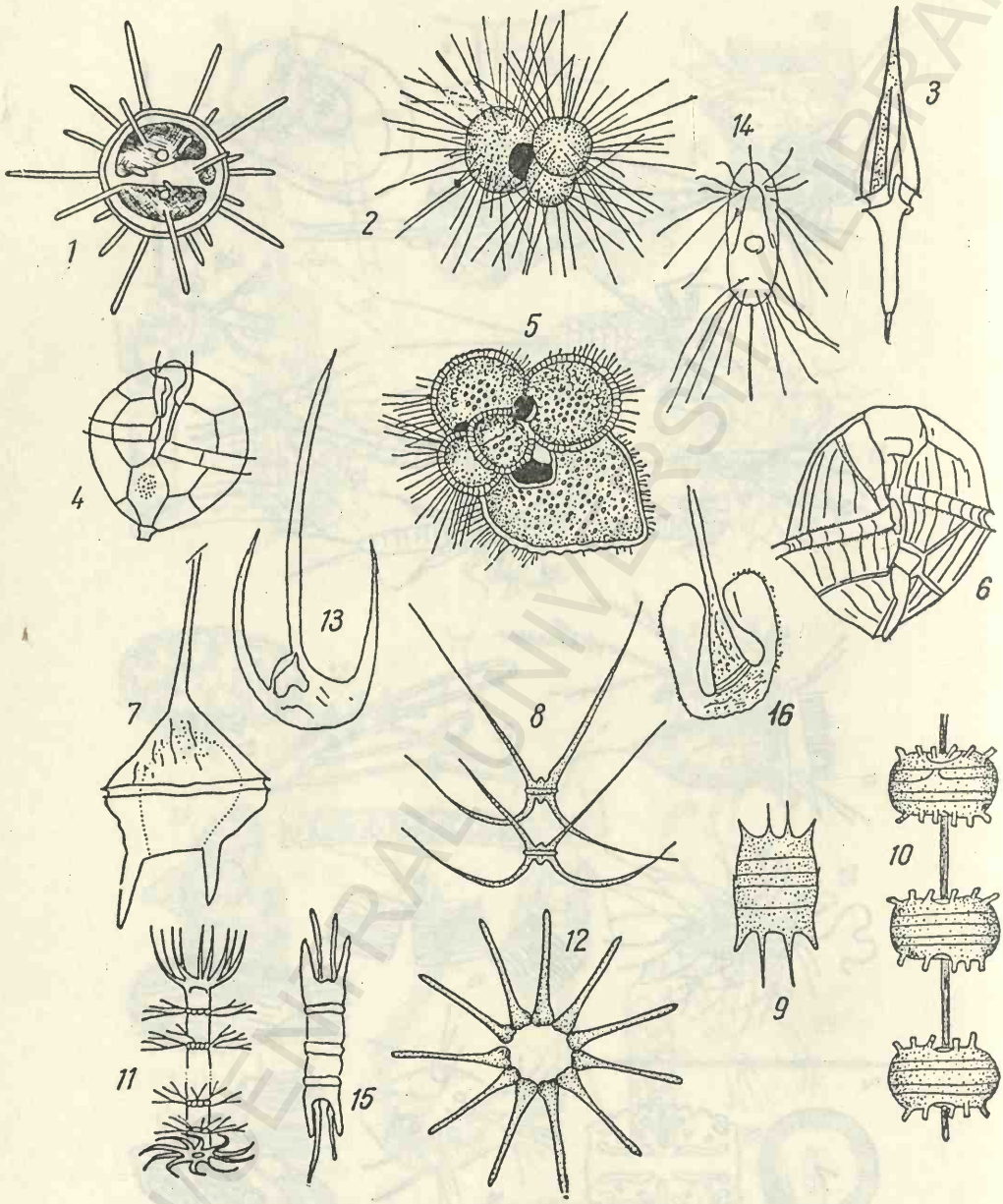
Planşa XVII. Organisme β-mezosaprobe *(indicatori pentru cl. a II-a de calitate):*

1 — Asterionella formosa; 2 — Oscillatoria rubescens; 3 — Oscillatoria redekei; 4 — Melosira varians; 5 — Coleps hirtus; 6 — Scenedesmus quadricaudata; 7 — Aspidisca lynceus; 8 — Pediastrum boryanum; 9 — Euplotes charon; 10 — Vorticella campanulla; 11 — Synura uvella; 12 — Tabellaria fenestrata; 13 — Paramaecium bursaria; 14 — Uroglena volvox; 15 — Stylaria lacustris; 16 — Polycelis cornuta; 17 — Hydropsyche lepida; 18 — Clöen dipterum; 19 — Spirogyra crassa; 20 — Brachionus urceus; 21 — Cladophora crispata; 22, a, b — Rhoicosphenia curvata (după I. Mălăcea).



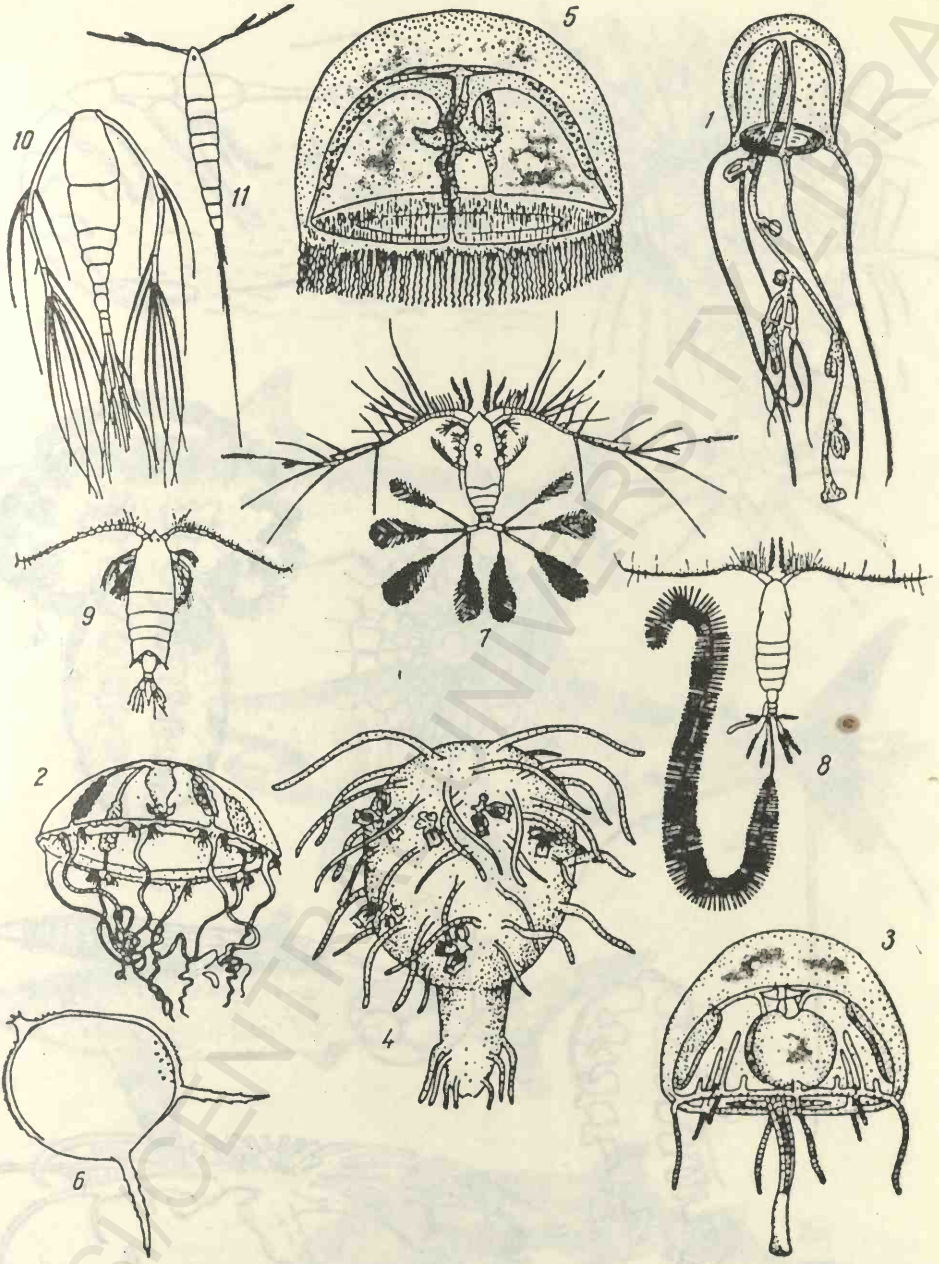
Planșa XVIII. **Organisme oligosaprobe** *(indicatori pentru cl. I-a de calitate):*

1 — Cyclothella bodanica; 2 — Synedra acus; 3 — Micrasterias truncata; 4 — Helteria cirrifera; 5 — Tabellaria flocculosa; 6 — Bulbochete mirabilis; 7 — Strombidinopsis gyrans; 8 — Staurastrum punctulatum; 9 — Ulothrix zonata; 10 — Mallomonas caudata; 11 — Vorticella nebulifera; 12 — Clapdophora glomerata; 13 — Euastrum oblongum; 14 — Fontinalis antipiretica; 15 — Planaria gonocephala; 16 — Perla bipunctata — larvă; 17 — Oligoneuria rhenana — larvă; 18 — Notholca longispima; 19 — Batrachospermum vagum; 20 — Rhitrogena semicordata — larvă; 21 — Holopedium gibberum; 22 — Ecdyonurus flumi[illegible]um — larvă; 23 — Leptodora kindtii; 24 — Bythrotrephes longimanus (după I. Mălăcea).



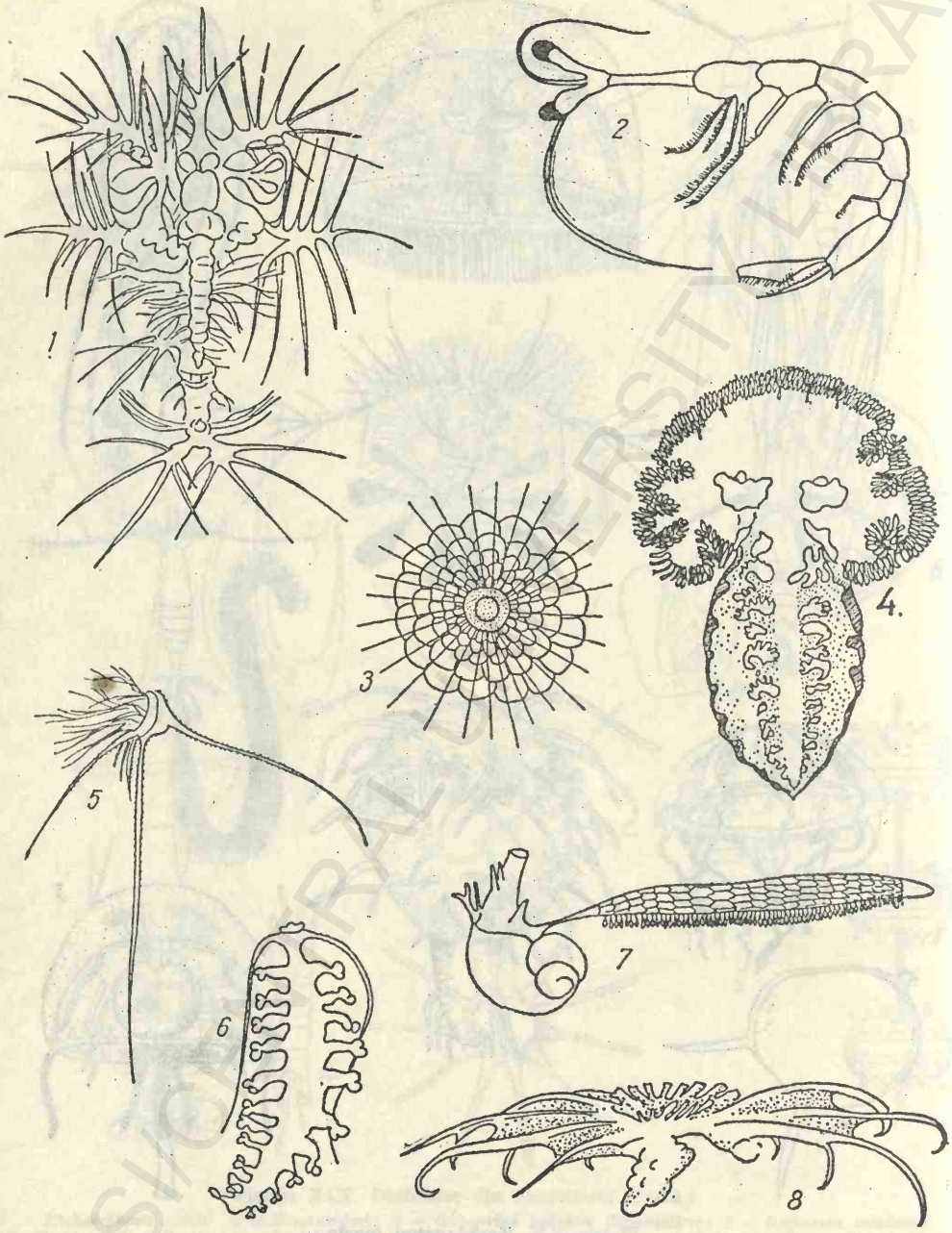
Planşa XIX. Diatomee din planetonul marin :

1 — Rhabdosphaera stelifer (coccolitophoridee); *2 — Globigerina bulloides* (foraminifer); *3 — Oxytoxum subulatum* (dinoflagelat); *4 — Peridinium subpyriforme; 5 — Globigerinella aequilateralis* (foraminifer); *6 — Gonayaulax fragilis* (dinoflagelat); *7 — Ceratium Pentagonum* sub-robustum; *8 — Chaetoceras didymus*, var. *angelica* (diatomee); *9 — Biddulphia mobiliensis; 10 — Thalassiosira nordenskioldi; 11 — Bacteriastrum elegans; 12 — Asterionella japonica; 13 — Ceratium komstemi; 14 — Corethra hystrix; 15 — Ceratium platycorme; 16 — Biddulphia regia* (după Friedrich şi Pérèz).



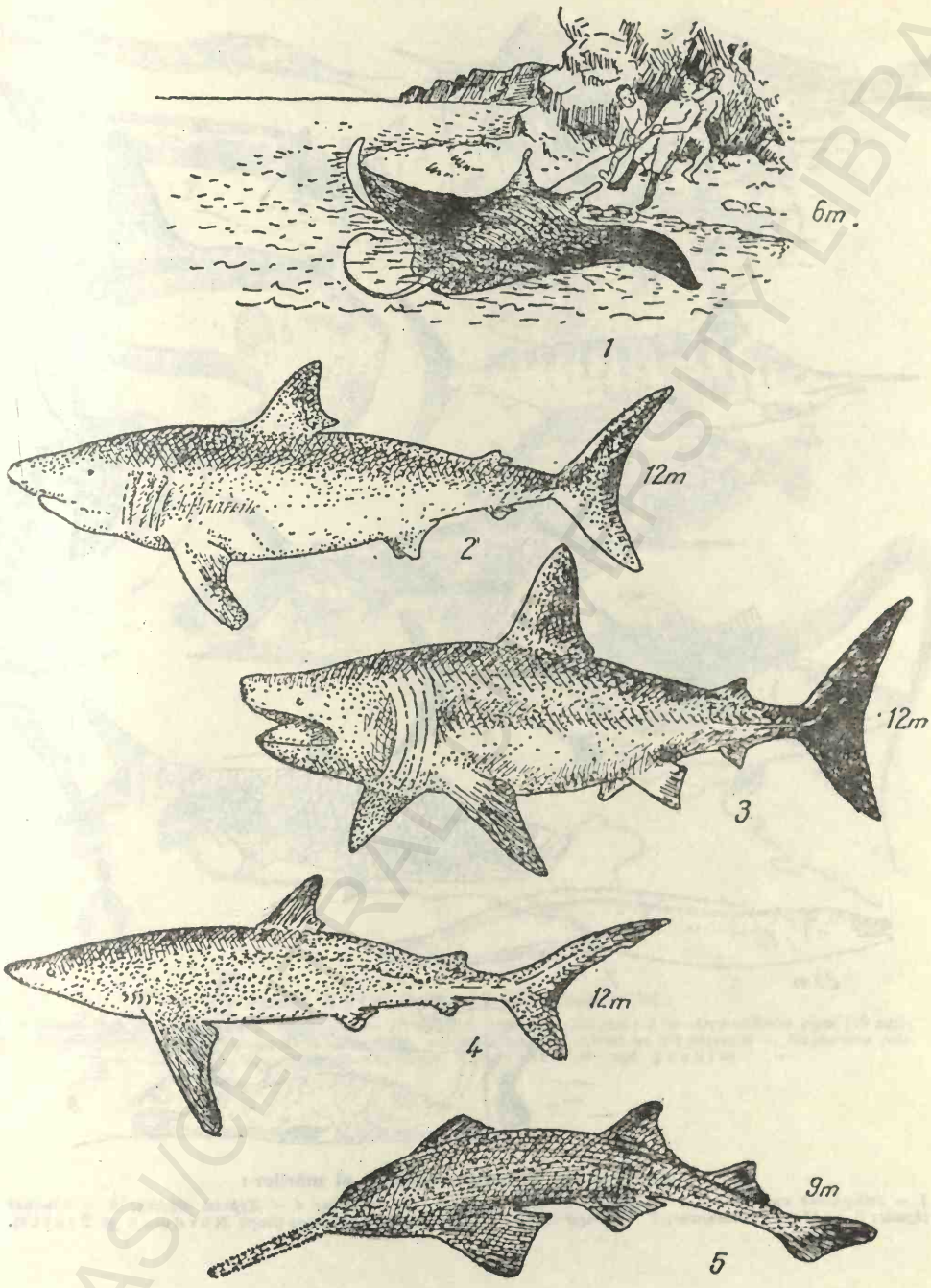
Planşa XX. Zooplancton marin :

1 — Sarsia gemmifera (anthozoar); *2 — Eucheilota cirrata* (leptozoar); *3 — Liriope tetraphylla* (trachimeduză); *4 — Pelagohydra mirabilis; 5 — Laodice undulata* (leptozoar); *6 — Thaumatocypris echinata* (ostracod); *7 — Calocalanus pavo* (copepod); *8 — Calocalanus plumosus; 9 — Labidocera acuta; 10 — Mormonilla phasma; 11 — Macrostella gracilis* (după Pérèz şi Friedrich).



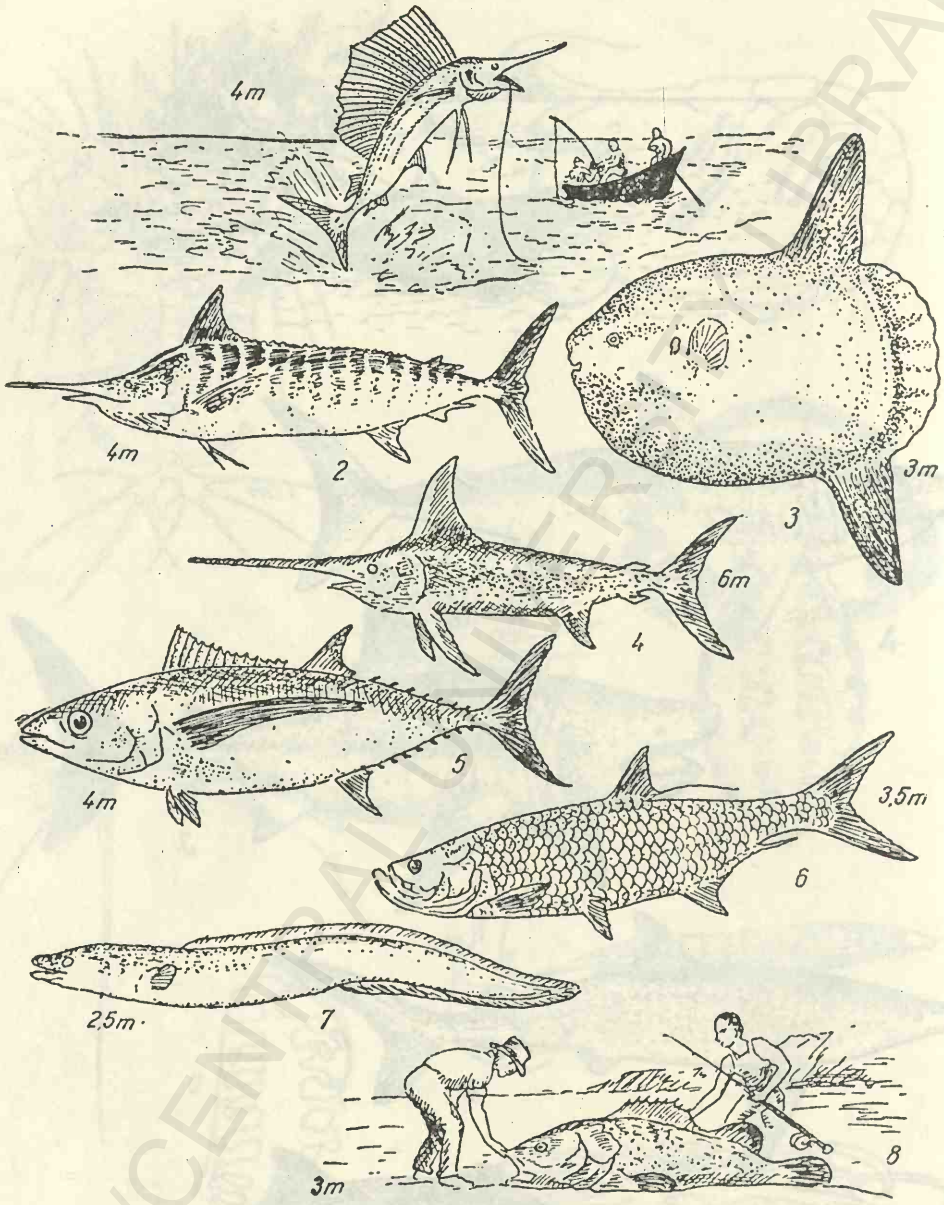
Planşa XXI. Zooplaneton marin :

1 — Sergetes — larvă ; *2 — Lucifer auricularis ; 3 — Thalassicolla pelagica* (radiolar) ; *4 — Tethys laporina ; 5 — Lepas fascicularis* — naupliu ; *6 — Tomopteris onisciformis* (polichet) ; *7 — Janthina fragilis* (prozobranchiat) ; *8 — Pelagothuria* (holothurid) (după Pérèz).



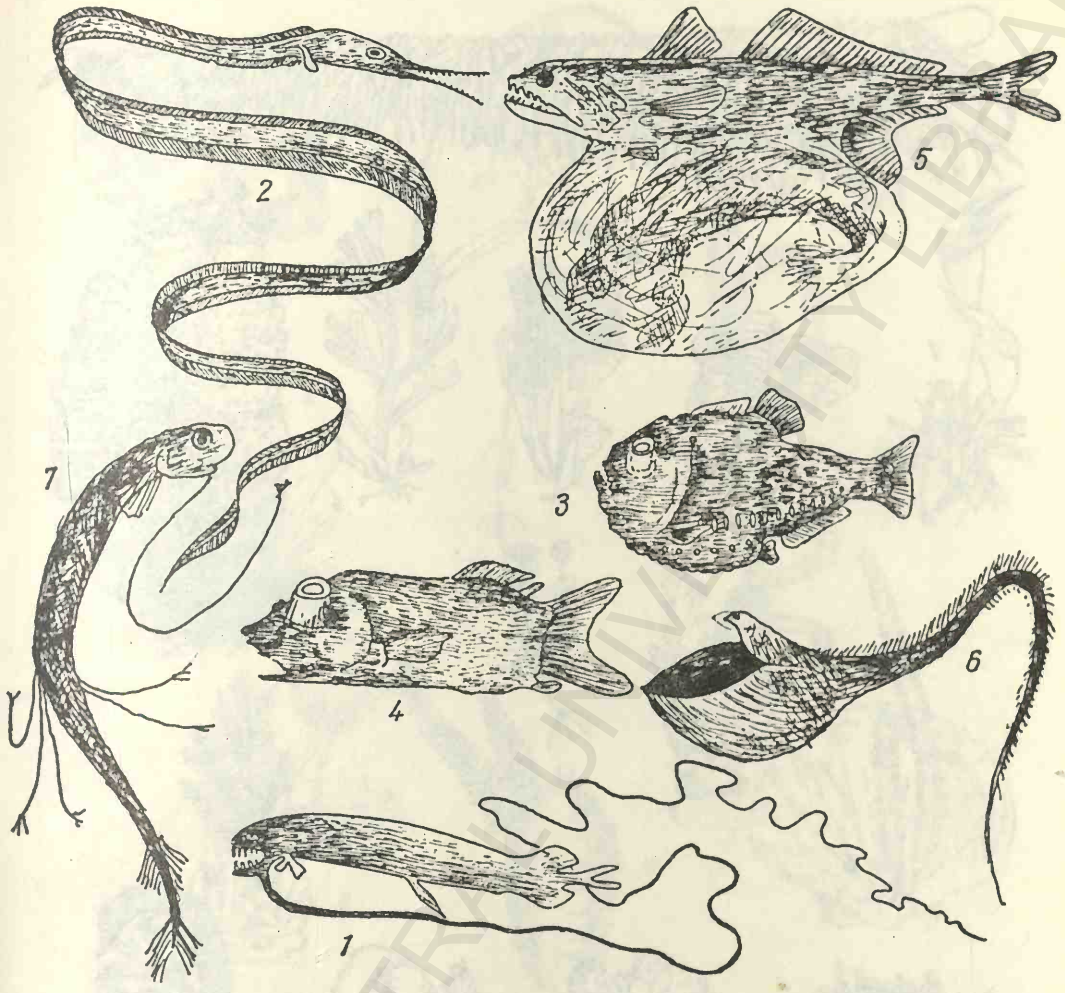
Planşa XXII. Necton oceanic *(selacieni):*

1 — Manta birostris; 2 — Charcharodon rondeletti; 3 — Cetorhinus maximus; 4 — Carcharinus glaucus; 5 — Pristis pectinatus (după Nordman şi Fraser).



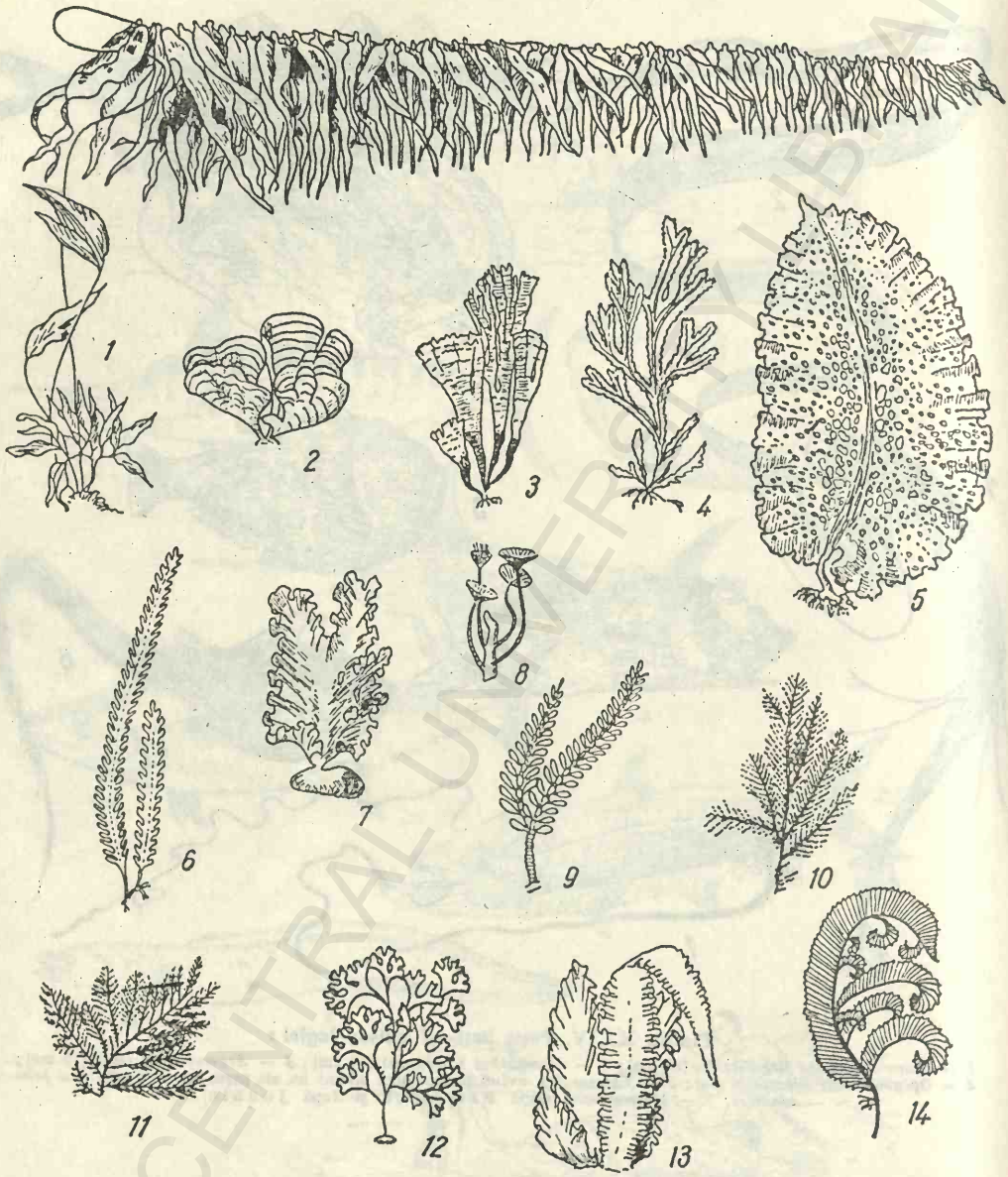
Planșa XXIII. Teleosteeni giganți ai mărilor :

1 — Istiophorus americanus; 2 — Tetrapturus mitsukurii; 3 — Mola mola; 4 — Xiphias gladius; 5 — Thunnas thynus; 6 — Megalops atlanticus; 7 — Conger conger; 8 — Polyprion americanus (după Nordman și Fraser).



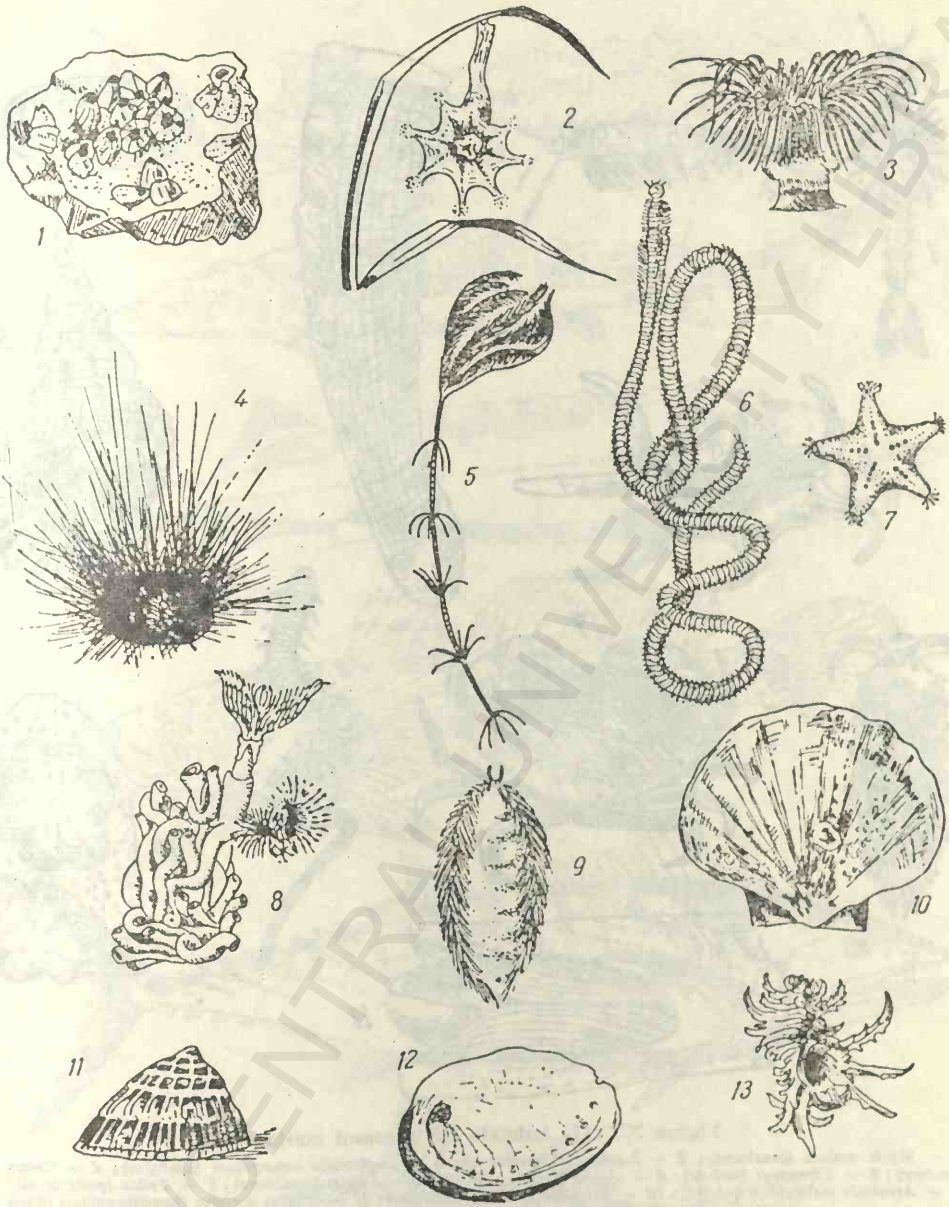
Planşa XXIV. Peşti bati- şi abisopelagici:

1 — Grammatostomias flagellibarba (20 cm); *2 — Nemichthys scopopaeus* (50 cm); *3 — Argyropelecus gigas* (10 cm); *4 — Opisthoproctus soleatus* (6 cm); *5 — Chiasmodus*, având în stomacul dilatat un alt peşte; *6 — Eupharynx pelecanoides; 7 — Macrostomias* (după F r i e d r i c h şi după J o u b i n).



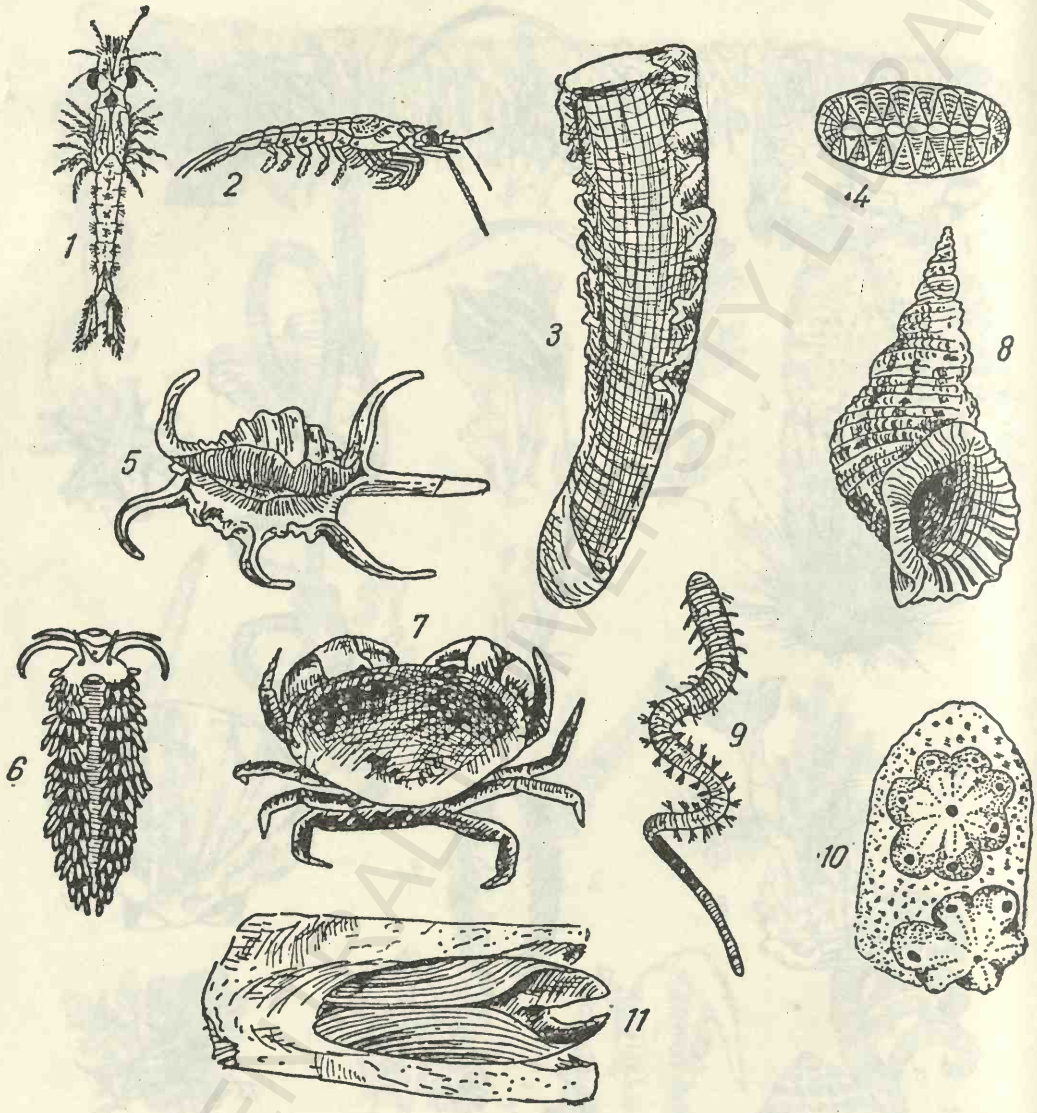
Planşa XXV. Macrofite marine :

1 — Macrocystis pirifera; 2 — Padinia pavonia; 3 — Dictyota atomaria; 4 — Fucus serratus; 5 — Agarum gmelini; 6 — Caulerpa scalpeliformis; 7 — Ulva latissima; 8 — Acetabularia mediteranea; 9 — Caulerpa cactoides; 10 — Corallina officinalis; 11 — Heterosiphonia parasitica; 12 — Phyllophora membranifolia; 13 — Porphyra laciniata; 14 — Claudia elegans (după Constantin şi Faideau).



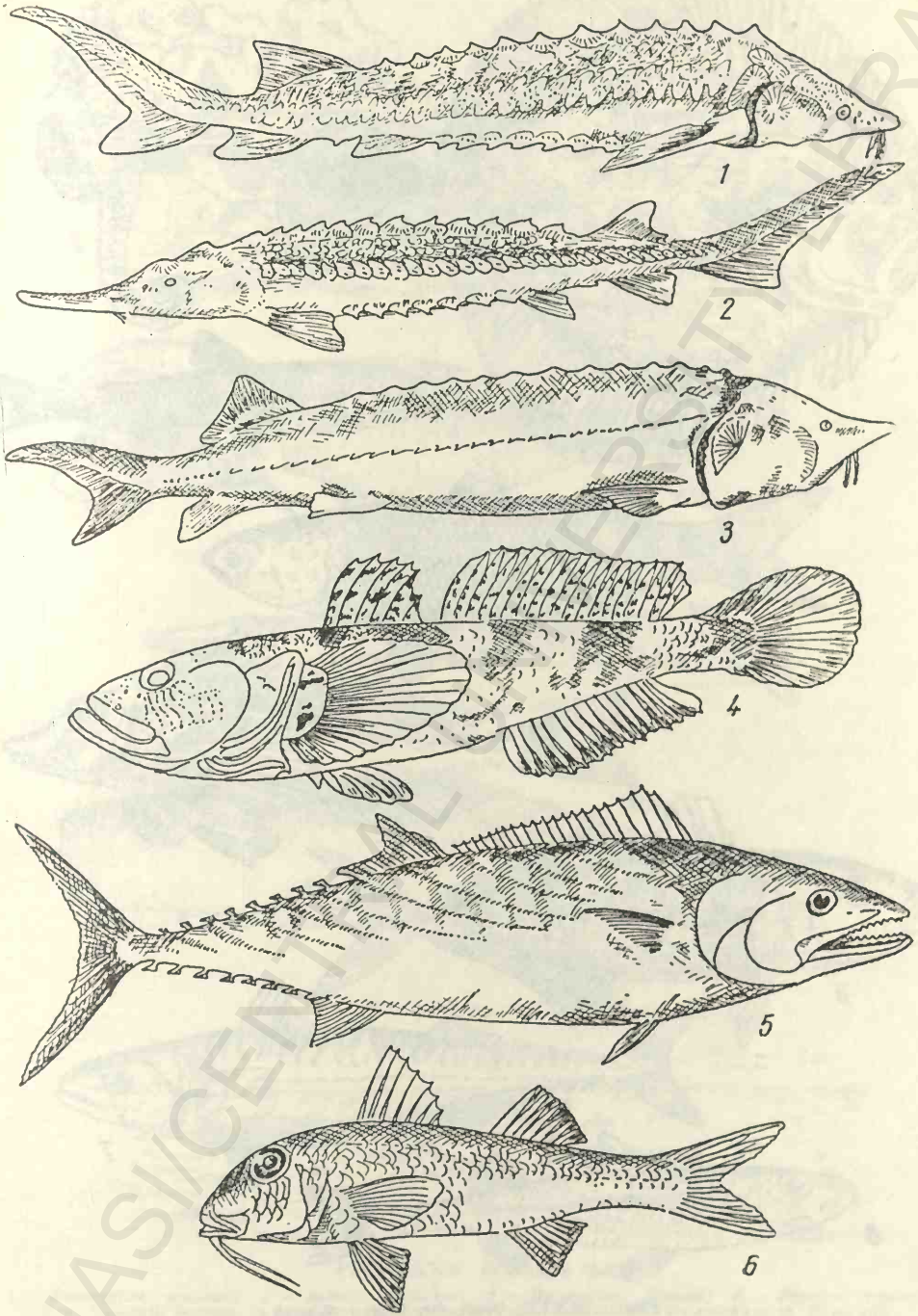
Planşa XXVI. Animale din bentosul marin

1 — Balanus improvisus (ciriped); *2 — Lucernaria auriculata* (celenterat); *3 — Cerianthus membranaceus*; *4 — Diadema antillarum* (echinid); *5 — Pentacrinus Wyville Thomsoni* (crinoid); *6 — Eunice viridis* (polichet); *7 — Asterina gibbosa* (asterid); *8 — Serpula* (polichet); *9 — Aphrodita* (polichet); *10 — Pecten maximus* (lamelibranhiat); *11 — Patella* (gasteropod); *12 — Haliothis* (lamelibranhiat); *13 — Murex monodon* (gasteropod) (după Joubin şi Robin).



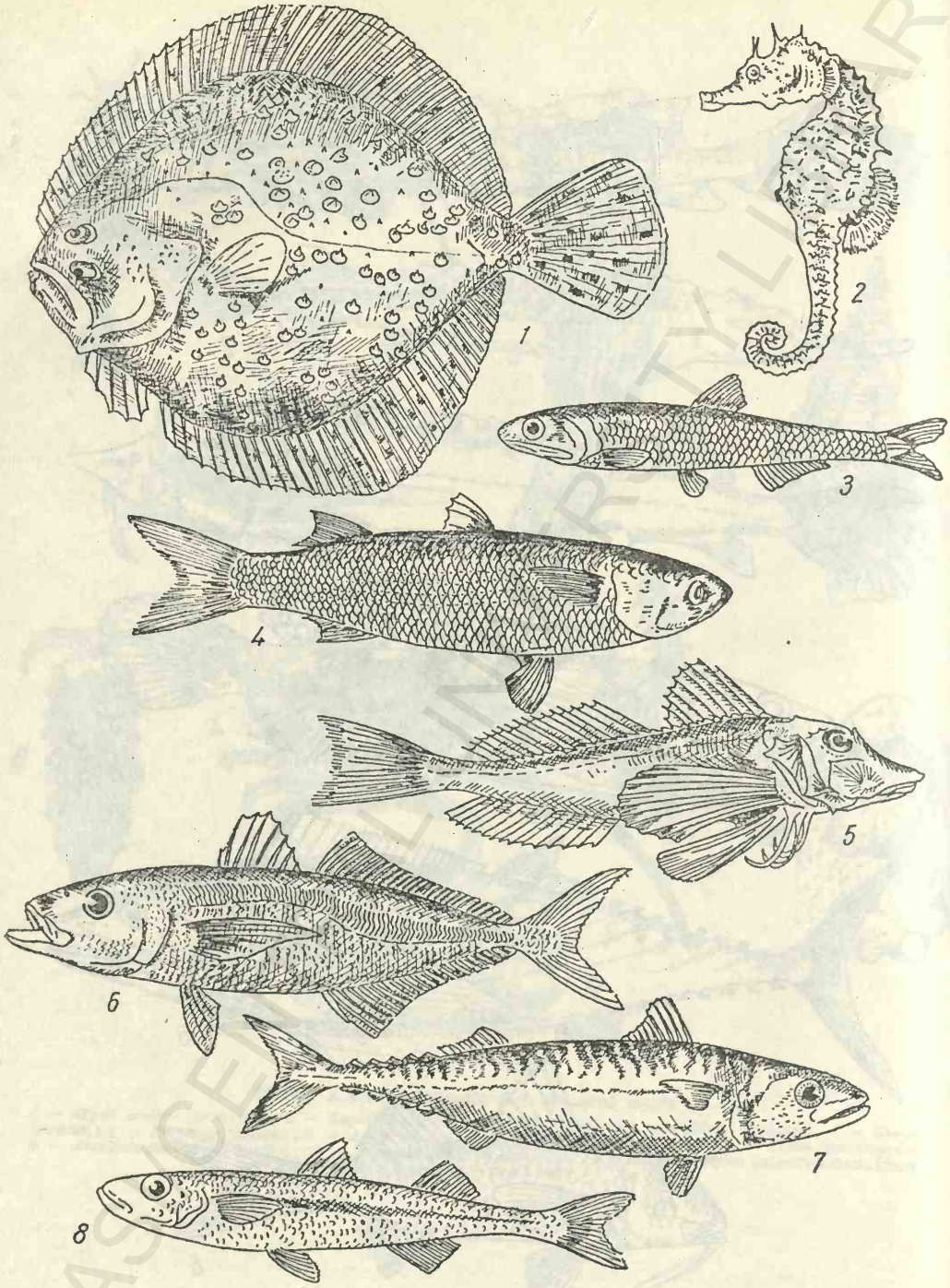
Planșa XXVII. Animale din bentosul marin:

1 — *Mysis oculata* (crustaceu); *2* — *Euphausia* (crustaceu); *3* — *Euplectalla aspergillum* (spongier); *4* — *Chiton* (molusc); *5* — *Pteroceras* (molusc); *6* — *Aeolis* (anelid); *7* — *Cancer pagurus* (crustaceu); *8* — *Triton* (gasteropod); *9* — *Arenicola piscatorium* (anelid); *10* — *Botryllus schlösseri* (tunicier); *11* — *Pholas dactylus* (lamelibranhiat) (după Joubin și Robin).



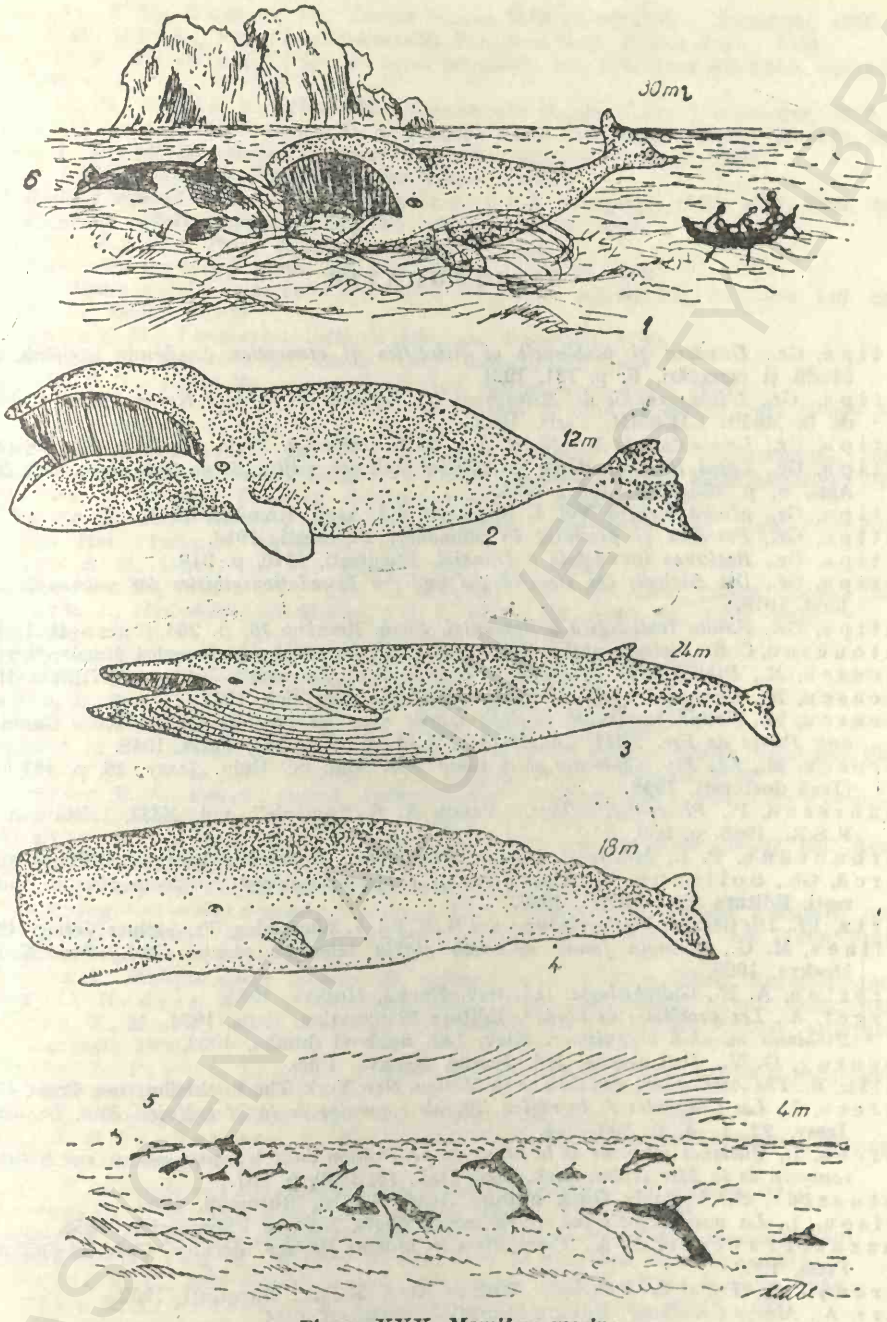
Planșa XXVIII. Pești din Marea Neagră :

1 — Acipenser gouldenstaedti (nisetru) ; *2 — Acipenser stellatus* (păstrugă) ; *3 — Huso huso* (morun) ; *4 — Globus batrachocephalus* (hanos) ; *5 — Pelamis sarda* (pălămidă) ; *6 — Mullus barbatus* (barbun) (după Căraușu).



Planșa XXIX. Pești din Marea Neagră:

1 — Scophtalmus maeoticus (calcan); *2 — Hippocampus brevirostris* (căluț de mare); *3 — Engraulis enchrasicolus ponticus* (hamsie); *4 — Mugil cephalus* (chefal); *5 — Trigla hirundo* (rîndunica de mare); *6 — Trachurus trachurus* (stavrid); *7 — Scomber scombrus* (scrumbie albastră); *8 — Atherina mochon pontica* (aterină) (după Căraușu).



Planșa XXX. Mamifere marine :

1 — Balaenoptera musculus; 2 — Balaena mysticetus; 3 — Balaenoptera physalis; 4 — Physester catodon; 5 — Tursiopsis truncatus în cîrd; *6 — Orcinus orca* atacînd o balenă (după Nordman și Fraser).

BIBLIOGRAFIE

Antipa, Gr., *Dunărea şi problemele ei ştiinţifice şi economice.* Academia Română, Col. Studii şi cercetări, *6*, p. 191, 1921.

Antipa, Gr., *L'iconographie des Esturgeons et Clupéides de la Mer Noire.* Faune et Flore de la Médit. CIESMM, Paris, 1929.

Antipa, Gr., *La vie dans la Mer Noire.* Ann. Inst. Océanogr. Paris, *13, 2*, p. 53—90, 1933.

Antipa, Gr., *Lacul Razelm, starea pescăriilor sale şi mijloacele de îndreptare.* Bul. Min. Agr., *6*, p. 490—502, Buc., 1894.

Antipa, Gr., *Marea Neagră.* Vol. I. Bucureşti, Ed. Acad. Române, 1941.

Antipa, Gr., *Pescăria şi pescuitul în România.* Bucureşti, 1916.

Antipa, Gr., *Regiunea inundabilă a Dunării.* Bucureşti, 1910, p. 318.

Antipa, Gr., *Die Biologie des Donaudeltas und des Inundationsgebietes der unteren Donau.* Jena, 1919.

Antipa, Gr., *Fauna Ichtiologică a României.* Acad. Române *16*, p. 264, Bucureşti, 1909.

Antonescu, C. S., *Biologia apelor.* Ediţia a II-a. Ed. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1967.

Băcescu, M., *Bibliographie Sommaire de la Mer Noire.* Bucureşti, Editura UNESCO, 1965.

Băcescu, M., *Chemarea apelor.* Bucureşti, Editura Ştiinţifică, 1972.

Băcescu, M., *Faune survivante de type marin dans les gouffres du Danube à Cazane et aux Portes de Fer.* XIII. Congrès Int. Zool., p. 551—553, Paris, 1948.

Băcescu, M., *Les Mysidacés des eaux roumaines.* Ann. Sc. Univ. Jassy, *26*, p. 453—803 (Teză doctorat), 1940.

Bănărescu, P., *Pisces-Osteichthyes.* „Fauna R. S. România", vol. XIII, Editura Acad. R.S.R., 1965. p. 959.

Bărbuneanu, P. I., *Mările şi oceanele Pământului.* Bucureşti, Editura militară, 1960.

Bârcă, Gh., Soileanu, B., *Amenajarea şi exploatarea apelor interioare piscicole.* Bucureşti, Editura Agro-Silvică, 1967.

Bartz, Fr., *Die Grossen Fischereiräume der Welt.* Bd. I. Wiesbaden, Fr. Steiner Verlag, 1964.

Beliaev, M. G., *Donnaia fauna naibolsih glubin mirovogo okeana.* Izd. Sov. Nauka, Moskva, 1966.

Berezina, A. N., *Gidrobiologia.* Izd. Sov. Nauka, Moskva, 1953.

Berget, A., *Les problèmes de l'océan.* Editure Flammarion, Paris, 1924.

* * * *Biohimia morskih organizmov.* Kiev, Izd. naukovi dumka, 1962.

Bogorov, G. V., *Jizn okeana.* Izd. Znanie, Moskva, 1969.

Bolin, B., *The Atmosphere and the Sea in Motion.* New York, The Rockfeller Inst. Press, 1959.

Borcea, I., *Les Clupéides de la région littorale roumaine de la Mer Noire.* Ann. Sc. Univ. Jassy, *22*, 1—4, p. 306—344.

Borcea, I., *Quelques éléments de la faune de pénétration dans les eaux douces sur le littoral roumain de la Mer Noire.* Arch. Zool. Ital., *16*, 1930, p. 661.

Botnariuc, N., *Viaţa în Deltă.* Editura Acad. R.P.R., Bucureşti, 1960.

Brisou, J., *La microbiologie du milieu marin.* Paris, Editure Flammarion, 1955.

Buzzati-Traverso, A. A., *Perspectives in Marine Biology.* Berkley, Univ. of California Press, 1960.

Cărăuşu, S., *Tratat de Ichtiologie.* Editura Acad. R.P.R., Bucureşti, 1952.

Carr, A., *Marea Caraibilor.* Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1964.

Carson, R., *The Edge of the Sea.* New York, Signet Sc. Libr. Book, 1963.

Carson, R., *Under the Sea Wind.* New York, Signet Sc. Libr. Book, 1962.

Clerc-Rampal, *La mer.* Paris, Libr. Larousse, 1925.

Colin Nicole, A. J., *The Biology of Marine Animals.* London, Isaac Pitman LTD, 1960.

Constantin, J., Faideau, F., *Les plants.* Paris, Libr. Larousse, 1922.

Cousteau, J. Y., Dumas, Fr., *Lumea tăcerii*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1960.
Daniel, H., Minot, Fr., *The Inexhaustible Sea*. New York, Collier Books, 1954.
De Latil, P., Rivoire, J., *Spre cucerirea adîncurilor mării*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1959.
Dietrich, G., Kelle, K., *Allgemeine Meereskunde*. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1965.
Dobrovolskii, D. A., Lappo, D. S., *Okeanî i moria*. Izd. geogr. literat., Moskva, 1963.
Dorst, J., *Inainte ca natura să moară*. Bucureşti, Editura ştiinţifică, 1970.
Dussart, B., *Limnologie*. Paris, Gauthier-Villars, 1966.
* * * *Ecologie marină*. Vol. I—IV. Editura Acad. R.S.R., Bucureşti, 1965, 1967, 1969, 1971.
* * * *Ekologhia vodnîh organismov*. Izd. Sov. Nauk, Moskva, 1966.
Epry, Ch., *A la mer*. Paris, Editura Plon-Novrit., 1922.
* * * *Fiziologhia morskih jivotnîh*. Izd. Sov. Nauka, Moskva, 1966.
* * * *Fiziologhia vodnîh organizmov i ih rol v krugovorote organiceskogo vescestva*. Izd. Sov. Nauka, Moskva, 1969.
Fodoreanu, M., *Tanganyka*. Editura Albatros, Bucureşti, 1970.
Friedrich, H., *Meeresbiologie*. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1965.
Gaskell, F. T., *Using the Oceans*. Tonbridge, Queen Anne Press, 1970.
Gavrilescu, N., Popovici, P., *Analiza chimică aplicată la hidrobiologie şi ape piscicole*. Editura de Stat pt. lit. şt., Bucureşti, 1953.
Gessner, Fr., *Hydrobotanik*. Band I—II. Berlin, Deutsches Verlag Wissenschaften, 1955.
Gessner, Fr., *Meer und Strand*. Band I—II. Berlin Deutsches Verlag Wissenschaften, 1957.
Gîştescu, P., *Lacurile României*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1971.
Goldman, R. Ch., *Primary Productivity in Aquatic Environments*. În: „Mem. Inst. Idrobiol. Ital." Pallanza, 18, suppl., 1965.
Gullion, A. E., *Uses of the Sea*. Prentice Hall, Inc., 1968.
Hawthorne, D., Minot, F., *The Inexhaustible Sea*. New York, Collier Books, 1954.
Hrbáček, J., *Hydrobiological Studies*. Vol. I. Praga. Ed. Acad. Şt., CSR, 1966.
Hutchinson, E. C., *A Treatise on Limnology*. London, 1957.
Joubin, L., *Éléments de biologie marine*. Paris, Gauthier-Villars, 1928.
Joubin, L., *La vie dans les océans*. Paris, Ed. Flammarion, 1931.
Joubin, L., Robin, A., *Les Animaux*. Paris, Libr. Larousse, 1923.
Kozhov, M., *Lake Baikal and its Life*. Haga, Junk. Publ., 1963.
Kreps, M. E., *Pe „Viteaz" spre insulele Oceanului Pacific*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1961.
Kuzneţov, L., *Kuda plîvut materiki?* Izd. geograf. literat., Moskva, 1962.
Kuzneţov, P. A., *Fauna donnîh bezpozvonocinîh prikamciatskih vod Tihogo okeana i severnîh kurilskih ostrovov*. Izd. Akad. Nauk., Moskva, 1963.
Kuzneţov, V. V., *Beloe More i biologiceskie osobennosti ego florî i faunî*. Izd. Akad. Nauk Moskva, 1960.
Lecca, A., *Pacificul*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1966.
* * * *Limnologia sectorului românesc al Dunării*. Editura Acad. R. S. România, Bucureşti, 1967.
Macan, T. T., *Factors that Regulate the Size of Natural Populations in Fresh Water*. Stuttgart, Schweizerbartsche Verlag, 1965.
Măcărea, I., *Biologia apelor impurificate*. Editura Acad. R. S. România, Bucureşti, 1969.
Mitchell-Hedgis, A. F., *Mes combats avec les monstres marins*. Payot, Paris, 1938.
Morariu, T., Morariu, E., Savu, Al., *Lacurile din România*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1968.
Morariu, T., Pişota, I., Buta, I., *Hidrologie generală*. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1962.
Motaş, C., *Biogeografia Mării Negre*. În: „Analele Dobrogei", 1938.
Motaş, C. şi Anghelescu, V., *Cercetări hidrologice în bazinul rîului Bistriţa*. Monogr. I.C.P., Bucureşti, 1944.
Mucha, V., *Limnologia CSR risoku Dunaja*. Editura Acad. Slav., Bratislava, 1966.
Muraveiski, L. S., *Reki i ozera*. Izd. geograf. literat., Moskva, 1966.
Naumov, P. N., *Ecologia animalelor*. Bibl. Au. Româno — Sovietice, Bucureşti, 1961.
Niculescu-Duvăz, M., *Migraţia peştilor*. Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1959.
Nikolskii, V. G., *Rîbî baseina Amura*. Izd. Akad. Nauk S.S.S.R., Moskva, 1956.
Nordman, R. I., Fraser, C. F., *Les géants de la mer*. Payot, Paris, 1938.
Ohle, W., *Biogenic Metabolism of Freshwaters. Chemistry and Microbiology*. Schweizerbartsche Verlag, Stuttgart, 1968.
Pascu, M., Stelea, V., *Cercetarea apelor subterane*. Editura tehnică, Bucureşti, 1968.
Pax, F., *Meeresprodukte*. Geb. Borntraeger, Berlin, 1962.
Pérès, J. M., *Océanographie biologique et biologie marine*. Vol. II. *La vie pélagique*. Editura Press Univ. de France, Paris, 1963.

Pérèz, J. M., Devèze, L., *Océanographie biologique et biologie marine.* Vol. I. *La vie benthique.* Press Univ. de France, Paris, 1961.
Petrescu, G. I., *Delta Dunării.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1967.
Pîslăraşu, L., Rotaru, M., Teodorescu, M., *Alimentări cu apă.* Editura tehnică, Bucureşti, 1970.
Pojoga, I., *Tratat de piscicultură.* Ed. Agro-Silvică, Bucureşti, 1960.
Pop, E., *Mlaştinile de turbă din R.S.R.* Editura Acad. R.S.R., Bucureşti, 1966.
Pora, A. E., *Cinci luni în Oceanul Indian.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1966.
Pora, A. E., *Migraţiile peştilor eurihalini.* Iaşi, 1939.
Pora, A. E., Băcescu, M., *Biologie des eaux saumatres de la Mer Noire.* Editura MAMBO, Naples, 1972.
* * * *Radioisotopes in Hydrology.* Symp. Tokyo, 1963. Vienne, Intern. At. Rn. Agency, 1963.
Rebikoff, D., *Aviaţia submarină.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1968.
Remane, A., Schlieper, C., *Biology of Brakish Water.* New York-London-Sydney, I. Wiley and Sons, Inc., 1971.
Riley, P. I., Skirrow, C., *Chemical Oceanography.* vol. I—II. London-New York, Acad. Press, 1965.
Russell, S. F., *Advances in Marine Biology.* Vol. I—II, IV, VI. London-New York, Acad. Press, 1963—1964, 1966, 1968.
Ruttner, Fr., *Grundriss der Limnologie.* III. Aufl. Berlin, Walter de Gruyter, Verlag, 1962.
Scerbakov, I. D., *Tucinî okeana.* Izd. Akad. Nauk S.S.S.R., Moskva, 1962.
Sears Mary, *Oceanography.* Izd. Progress, Moskva, 1965.
Sebestyén Olga, *Bevezetés a Limnológiába.* Akad. Kiadó, Budapest, 1963.
Silin-Bekciurin, I. A., *Podzemnîe vodî severnoi Afriki.* Izd. Akad. Nauk S.S.S.R., Moskva, 1962.
Skadovski, N. S., *Fiziologia ecologică a organismelor acvatice.* Ed. Acad. R.P.R., Bucureşti, 1956.
Speranskaia, T. M., *Okeanî i moria.* Izd. geograf. Literat., Moskva, 1963.
Spet, I. C., *Biologiceskaia produktivnost rîb i drugih jivotnîh.* Izd. Urojai, Kiev, 1968.
Stemel, H., *The Gulf Stream.* London, 1960.
Stroganov, S. N., Buzinova, S. N., *Gidrohimia.* Izd. Univ. Mosk., Moskva, 1969.
Stugren, B., *Ecologie generală.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1965.
Svetovidov, N. A., *Rîbî Cernogo Moria.* Izd. Sov. Nauka, Moskva, 1964.
* * * *Symposium on the classification of brackish waters.* Soc. Intern. Limnol., Venezia, 1959.
Thoulet, J., *L'océanographie.* Gauthier-Villars, Paris, 1922.
Ţuculescu, I., *Biodinamica lacului Tekirghiol.* Editura Acad. R.S. România, Bucureşti, 1965.
Ujvari, I., *Geografia apelor României.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1972.
Vasiliu, D. G., *Peştii apelor noastre.* Editura ştiinţifică, Bucureşti, 1959.
Vinberg, G., *Pervicinaia produkţia morei i vnutrennîh vod.* Izd. Minist. Obrazov. S.S.S.R., Minsk, 1961.
Walford, A. L., *Living Resources of the Sea.* Ronald Press Comp., New York, 1958.
Welch, S. P., *Limnology.* Mc. Grew-Hill Book Comp., New York-Toronto-London, 1952.
Zarma, M., *Microbiologie marină* (culegere de articole din literatura sovietică). Editura Acad. R.P.R., Bucureşti, 1959.
Zarnea, G., *Microbiologie generală.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1970.
Zenkevici, A. L., *Biologhia morei S.S.S.R.* Izd. Akad. Nauk S.S.S.R., Moskva, 1963.
Zenkevici, A. L., *Fauna i biologiceskaia produktivnost moria.* Izd. Sov. Nauka, Moskva, 1947.
Zernov, A. S., *Hidrobiologie generală,* Vol. I—III. Editura Acad. R.P.R., Bucureşti, 1956.

Tiraj: 2500 ex. S.P.: 80 ex. legate.
Coli de tipar: 26,5. Planşe 31.
Hîrtia: Tip I—A 80 gr m². Format: 16/70×100. Bun de tipar: 5. X. 1974.
Nr. plan: 5222. Ediţia: 1974.

Întreprinderea Poligrafică Cluj-Napoca
Str. Brassai Nr. 5–7
Republica Socialistă România
Comanda Nr. 471.

551.481 : 577.472 (02) = 59

BIBL. CEN[illegible]

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

OBLIGATORIU

17677 - 1974. DEPLEGAL

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Lei 24,—

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY